
ПРИРОДА
МИРА



А. Б. Авакян, В. П. Салтанкин, В. А. Шарапов

ВОДО-ХРАНИЛИЩА

МОСКВА «МЫСЛЬ» 1987

ББК 26.222.6
А18

РЕДАКЦИИ
ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Рецензенты:
В. М. ШИРОКОВ,
доктор географических наук
С. М. УСПЕНСКИЙ,
кандидат географических наук

Художник серии
Л. Ф. ШКАНОВ

Оформление
Н. В. ИЛЛАРИОНОВОЙ

А $\frac{1903030200\text{-}092}{004(01)\text{-}87}$ 168-87

ВВЕДЕНИЕ

Ежегодно на земном шаре вступают в эксплуатацию несколько сот новых водоемов — водохранилищ. За последние годы карты и атласы всех стран мира засинели их причудливыми очертаниями. Многие водохранилища, преобразовавшие ландшафт речных долин, по площади, объему, протяженности и глубине сопоставимы с крупнейшими озерами планеты. Общая площадь водохранилищ превосходит акваторию десяти Азовских морей. И все это создано человеком в основном за последние 40 лет. Сейчас не так уж много рек, на которых нет хотя бы одного водохранилища. Недалеко то время, когда большинство рек мира будут превращены в их каскады.

Задача настоящей книги — попытка обобщения знаний, полученных специалистами разных наук во многих странах мира за последние десятилетия, о различных аспектах проблем, возникающих в процессе создания и использования водохранилищ. Авторы стремились показать, что водохранилища — это географические природно-технические объекты, ставшие неотъемлемой чертой ландшафта большинства стран мира, важным элементом их национального богатства.

Водохранилища существенно преобразовали ландшафт многих речных бассейнов. Их создание изменило природу не только самих водных объектов, но и прилегающих территорий в общей сложности на площади в 1,5 млн. кв. км. А ведь это площадь нескольких крупнейших европейских государств.

Водохранилища — созданные и управляемые человеком объекты, но они испытывают сильнейшее воздействие природных, прежде всего гидрометеорологических, факторов. Поэтому как объекты изучения, использования и управления водохранилища хотя и занимают промежуточное положение между «чисто техническими» и «чисто природными» образованиями, однако более напоминают природные водоемы. Являясь деянием рук человеческих, водохранилища отнюдь не перестают быть природными объектами: они заиляются, покрываются льдом, влияют на процессы в прибрежной полосе суши, подтопляя земли и переформируя берега; они полны жизни, в них живут все виды растений и животных, которые обитают в реках и озерах.

Попробуйте исключить из природы каскады водохранилищ, и человечество сразу же лишится сотен больших и малых рек. Попытайтесь изучить и описать жизнь рек, не учитывая тех преобразований, которые внесли в гидрологию, гидрохимию и гидробиологию водохранилища, и вы столкнетесь с непреодолимыми трудностями в познании природы преобразованных речных систем и озер. Вот почему книга о водохранилищах выходит под рубрикой «Природа мира». Эти водоемы хотя созданы и эксплуатируются человеком, но развиваются по законам природы, воздействуют на нее, неразрывно с нею связаны и являются ныне ее неотъемлемой частью.

Первые водохранилища на Земле появились в 3-м тысячелетии до н. э., но лишь в нашем веке, а точнее, во второй его половине создание водохранилищ приобрело планетарный характер.

Общий объем водохранилищ планеты, унаследованных нами от прошлых веков, составил 15 куб. км, а сейчас он уже превысил 6 тыс. куб. км. Объем каждого из крупнейших водохранилищ в отдельности существенно превосходит суммарный объем водохранилищ прошлых веков. Особенно высокими темпами шло создание водохранилищ в последние 30 лет. За этот период их объем увеличился в 10 раз, в Латинской Америке — в 35, в Африке — в 60 и в Азии — в 90 раз.

Общее число водохранилищ превысило 30 тыс., площадь водного зеркала — около 400 тыс. кв. км, а с учетом подпруженных озер — 600 тыс. кв. км. Ежегодно в строй вступает от 300 до 500 новых водохранилищ. Многие крупные реки планеты — Волга, Ангара, Миссури, Колорадо, Парана и др. — превращены в каскады водохранилищ. Через 30—50 лет такой будет судьба большинства рек. В перспективе предполагается зарегулирование $^2/_3$ рек земного шара.

И вместе с тем хорошо известно, что редко какой-либо вид хозяйственной деятельности общества вызывал столько дискуссий, сколько создание водохранилищ.

Чем же можно объяснить феномен водохранилищ и противоречивое отношение к ним? Почему их создание встречает сопротивление одних и одобрение других слоев населения в разных странах и почему интенсивно ведется их проектирование и подготовка во всем мире, в том числе в Японии, многих западноевропейских и других странах, где каждый клочок земли на вес золота?

А объясняется это тем, что водохранилища, с одной стороны, объективно нужны для социально-экономического развития общества, для удовлетворения его потребностей в воде, в продовольствии, энергии, отдыхе, в борьбе с наводнениями и т. д., а с другой — оказывают также и отрицательное воздействие на природу и хозяйство речных долин выше и ниже створа плотин.

Принципы современного управления водными ресурсами покоятся на «трех китах»: регулировании речного стока, его территориальном перераспределении и расширении использования подземных вод. Регулирование стока по масштабу на порядок превышает территориальное перераспределение и на два порядка — использование подземных вод. Необходимость регулирования стока путем создания водохранилищ вызывается многими обстоятельствами. В первую очередь это чрезвычайно большая сезонная и многолетняя неравномерность стока рек. Так, на большинстве рек европейской части СССР, Западной и Восточной Сибири $^2/_3$ стока проходит за 2—3 месяца весеннего половодья. Еще более сложное положение в южных районах нашей страны, где за период весеннего паводка проходит до 90—95% годового стока, а также на Дальнем Востоке в зоне муссонного климата. Например, минимальный расход р. Зеи у одноименного города равен 1,6 куб. м/с, а максимальный — 14 200 куб. м/с, т. е. в 9 тыс. раз больше. В некоторых засушливых районах мира сток рек в маловодные годы в 100 раз меньше стока многоводных лет. Такие значительные колебания речного стока нередко ведут к опустошительным наводнениям в одни периоды и годы и к резкому недостатку воды в другие периоды.

В условиях столь изменчивого стока нельзя развивать ни гидроэнергетику, ни орошение, ни водоснабжение, ни водный транспорт. Не только водоснабжение населения, но и каждая отрасль хозяйства предъявляет жесткие требования к количеству воды, режиму ее подачи и качеству. Две первые задачи успешно решаются путем создания водохранилищ сезонного и многолетнего регулирования стока, которое обходится в 10—100 раз дешевле, чем решение этих задач другими способами.

Почему же в таком случае создание водохранилищ вызывает подчас протесты специалистов и населения?

Дело заключается в том, что создание и эксплуатация водохранилищ вызывают значительные изменения в природе и хозяйстве речных долин, озерных котловин, на прилегающих к ним территориях, в долинах ниже плотин и в приустьевых участках морей и озер, в которые впадают зарегулированные водохранилищами реки.

Подпертые плотиной воды реки разливаются на десятки, сотни, а то и тысячи квадратных километров, затопляя огороды, пашни, сенокосы, выгоны, леса, сады, виноградники, населенные пункты, промышленные предприятия, дороги, линии связи и электропередачи. Иногда в зоны затопления попадают небольшие города, нефте- и газопроводы, аэродромы и другие объекты. Но отрицательное воздействие водохранилищ на природу и хозяйство не ограничивается только затоплением. В прибрежной полосе подъем уровня грунтовых вод приводит к подтоплению и заболачиванию части прибрежных территорий. Подтопление сильно сказывается на строениях и сооружениях, и тем сильнее, чем глубже заложены их фундаменты. На большей части побережий водохранилищ происходит переформирование берегов — их подмыв, обрушение, просадки, обвалы, оползни; на крупных водохранилищах берега отступают иногда на сотни метров.

Подтопление и переформирование берегов ведет к потере полезных угодий, сносу населенных пунктов и хозяйственных объектов. Под влиянием подтопления и изменений микроклимата происходят изменения в почвенном покрове, растительности и животном мире.

Водохранилища вместе с образующи-

ми их плотинами вносят существенные изменения и в гидрологический, гидрохимический и гидробиологический режимы рек. Достаточно напомнить, что и плотины и водохранилища нарушают условия жизни наиболее ценных проходных и полупроходных рыб. На многих реках земного шара созданием плотин и водохранилищ был нанесен значительный урон богатейшим заливным лугам.

Итак, главное и коренное противоречие заключается в различии интересов тех отраслей хозяйства, для которых создаются водохранилища, с одной стороны, и интересов населения, отраслей хозяйства и природных объектов, которым наносится тот или иной ущерб вследствие затопления, подтопления, переработки берегов и других негативных явлений, с другой.

Однако следует отметить, что значительные или заметные изменения в окружающей среде вызывают преимущественно крупные и некоторые средние водохранилища. Влияние небольших и малых водохранилищ на природу и хозяйство территории обычно невелико, а нередко и положительно.

Но противоречия имеются и между отраслями хозяйства, заинтересованными в зарегулировании стока. Интересы отдельных отраслей хозяйства в степени зарегулирования стока, в определении места расположения плотины, в мероприятиях по подготовке водохранилища, как правило, не совпадают, а в использовании зарегулированного стока и в режиме уровней водохранилища они подчас находятся в резких противоречиях. Так, коренное перерегулирование стока обычно проводится для энергетики, водного транспорта и борьбы с наводнениями, в то время как для рыбного хозяйства и использования пойменных земель в основном более подходит естественный характер стока. Имеется и ряд внутриотраслевых противоречий в требованиях к использованию водных ресурсов водохранилищ выше и ниже плотины гидроузла.

Сказанного вполне достаточно, чтобы понять, что ни о водохранилищах вообще, ни о каком-либо конкретном водохранилище нельзя судить, лишь изучив отдельные аспекты их создания и использования. Этим, в частности, нередко грешат специалисты некоторых отраслей хозяйства. Да и винить их в этом, собственно, нельзя. Действительно, какую оценку водохранилищам, кроме отрицательной, может дать специалист, занимающийся проходными или полупроходными рыбами, вопросами подтопления, переформирования берегов, лесным и сельским хозяйством. И наоборот, весьма оптимистичный взгляд на создание водохранилищ у энергетиков, ирригаторов.

Теперь даже не верится, что было время, когда на водохранилища смотрели в основном как на регуляторы стока и основное внимание уделяли сооружению плотины. На самом деле нельзя правильно подойти к задачам проектирования, подготовки и эксплуатации водохранилищ, если наряду с водными ресурсами не принимать во внимание их биологические, земельные, энергетические, минеральные и рекреационные ресурсы, а также аспекты охраны природы и условия жизни населения, интересы которого в той или иной степени затрагиваются создаваемым водохранилищем. Именно такой подход отвечает целям и задачам в области рационального использования и охраны природных ресурсов при решении сложных социально-экономических проблем, поставленных XXVII съездом КПСС.

Оценка хозяйственного значения водохранилищ как в целом, так и каждого объекта конкретно может осуществляться лишь на основе системного анализа.

При системном анализе каждое крупное водохранилище должно рассматриваться как: склад воды; объект, существенно изменяющий исходное качество речной воды (в одних случаях улучшая, в других ухудшая ее показатели); акватория, используемая водным транспортом, рыбным хозяйством, в целях рекреации; потребитель земли (затопление, подтопление, переработка берегов); объект, позволяющий в ряде районов значительно увеличить использование земельных ресурсов (ирригация, борьба с наводнениями, территориальное перераспределение стока); объект, вносящий заметные изменения в природу и хозяйство речных долин, дельт, озер, приустьевых участков морей.

Все эти факторы тщательно изучаются при проектировании, сооружении и в процессе эксплуатации водохранилищ. Исследования многих аспектов создания и использования водохранилищ в СССР опередили аналогичные исследования за рубежом. Это объясняется тем, что в большинстве капиталистических стран (исключая США и Канаду) немного крупных водохранилищ, а в развивающихся странах создавать их начали относительно недавно, да и заметно ощущается недостаток специалистов и средств для таких исследований.

Литературы по частным вопросам создания и использования водохранилищ издается все больше. Поэтому настоятельно требуются обобщения как по отдельным аспектам проблем, так и в целом по крупнейшим водохранилищам и их каскадам. Наиболее неблагополучно обстоит дело с обобщающими работами, характеризующими весь комплекс проблем создания и использования водохранилищ, а также их воздействия на окружающую среду как по отдельным странам, так и по континентам и миру в целом. Здесь можно назвать лишь работы А. Б. Авакяна и В. А. Шарапова «Водохранилища гидроэлектростанций СССР», вышедшую тремя изданиями (М., 1962, 1968 и 1977 гг.) и «Водохранилища мира» (М., 1979).

В данной книге впервые в мировой литературе дается достаточно подробное описание водохранилищ разных континентов и разных стран, характеризуются природные и экономические предпосылки их создания, показывается их хозяйственное значение, роль в ландшафте и воздействие на окружающую среду.

Естественно, что, сделав предметом рассмотрения столь сложные, многогранные и чрезвычайно динамичные объекты, изучаемые географическими, биологическими, экономическими и техническими науками, авторы не могли в рамках одной работы равномерно и детально осветить все стороны проблемы. Это объясняется рядом причин, важнейшие из них следующие:

1. Различная степень исследования и освещения в литературе рассматриваемых вопросов в разных странах.

2. Неодинаковая степень детальности исследования и освещения в литературе отдельных аспектов рассматриваемой проблемы в каждой из стран.

3. Отсутствие обобщающих работ как в глобальном и региональном охвате темы, так и по отдельным странам.

Однако авторы стремились с достаточной полнотой показать масштабы и предпосылки создания водохранилищ, их экономическое и социальное значение и воздействие на окружающую среду.

Авторы полагают, что настоящая книга будет полезна всем, кто в той или иной степени занимается или интересуется водными проблемами и преобразованиями в природе и хозяйстве.

В заключение считаем своим приятным долгом выразить благодарность С. П. Овчинниковой и В. Б. Яковлевой, оказавшим большую помощь при подготовке настоящей книги, а также доктору географических наук профессору В. М. Широкову и кандидату географических наук С. М. Успенскому за ценные замечания при рецензировании рукописи.

Раздел первый

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДОХРАНИЛИЩ ЗЕМНОГО ШАРА, ПРОБЛЕМЫ ИХ СОЗДАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Глава первая

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДОХРАНИЛИЩ. ИСТОРИЯ ИХ СОЗДАНИЯ

I. ВОДОХРАНИЛИЩА И ИХ ОТЛИЧИЯ ОТ ДРУГИХ ТИПОВ ВОДОЕМОВ

Из всего многообразия преобразующей деятельности человека как по своим масштабам, так и по значению в глобальных экологических системах планеты особо выделяются два процесса: освоение новых территорий для сельскохозяйственного производства, промышленного и гражданского строительства и преобразование речного звена гидросферы на огромных пространствах суши путем гидротехнического строительства.

Гидротехническое строительство осуществляется на всех континентах планеты. Наиболее важное значение имеют различного рода мелиорации (осушение и орошение) и создание новых водных объектов — водохранилищ и каналов. Водохранилища — ключевые, базовые элементы гидротехнических и водохозяйственных систем любого ранга, поскольку именно они позволяют осуществить регулирование водных ресурсов, преобразование гидросферы в желаемом для общества направлении.

К внутренним водоемам относят озера, лиманы, водохранилища, пруды. Водохранилища и пруды — очень похожие объекты. Разница между ними в размерах, но имеют значение и менее очевидные признаки.

В разных странах приняты разные количественные критерии, отличающие водохранилища от прудов. В США водохранилищем называется водоем, полезная (регулируемая) емкость которого превышает 5 тыс. акрофутов, т. е. 6,17 млн. куб. м. Водоемы, имеющие меньший полезный объем, называются прудами. В СССР и большинстве стран Западной Европы к водохранилищам относят водоемы емкостью более 1 млн. куб. м.

Водохранилищами, по нашему мнению, следует считать искусственно созданные долинные, котловинные и естественные озерные водоемы с замедленным водообменом, полным объемом более 1 млн. куб. м, уровенный режим которых постоянно регулируется (контролируется) гидротехническими сооружениями в целях накопления и последующего использования запасов вод для удовлетворения хозяйственных и социальных потребностей. Отметим, что использование водохранилищ связано не только с безвозвратным изъятием воды. Для рыбного хозяйства, рекреации, охлаждения агрегатов электростанций, поддержания гарантированных судоходных глубин в пределах водохранилища и т. п. нужна акватория и водная масса в целом, а не только полезный объем, т. е. ежегодно расходуемый запас воды (рис. 1, 2).

У водохранилищ нет природных аналогов. Лишь по форме чаши с ними сходны завально-запрудные озера. Отметим наиболее важные особенности водохранилищ.

1. Водохранилища — антропогенные, управляемые человеком объекты, но они испытывают также и сильнейшее воздействие природных (прежде всего гидрометеорологических) факторов, поэтому как объекты изучения, использования и управления занимают промежуточное положение между «чисто природными» и «чисто техническими» образованиями. Это дает право именовать их природно-техническими системами.

2. Водохранилища заметно, а нередко и значительно воздействуют на окружающую среду, вызывая изменения природных и хозяйственных условий на прилегающих территориях. Естественно, что наряду с заранее запланированными благоприятными последствиями возникают также и последствия негативного, неблагоприятного характера.

3. Водохранилищам свойственна особая система так называемых внутриводоемных процессов — гидрологических, гидрофизико-химических и гидробиологических.

4. Водохранилища — водоемы, наиболее интенсивно используемые различными отраслями хозяйства. На каждом значительном водохранилище формируется **водохозяйственный комплекс (ВХК).** Среди **компонентов ВХК**, т. е. всех отраслей хозяйства, использующих водохранилище и реку в нижнем бьефе, выделяют **участников ВХК** — отрасли, заинтересованные в создании водохранилища и финансирующие его. Осталь-



1. Типичный комплексный гидроузел на большой равнинной реке. Саратовский гидроузел на Волге

ные отрасли используют водохранилище, поскольку оно существует. Участники ВХК предъявляют различные, а подчас и противоречивые требования к режиму использования водохранилищ.

5. Для водохранилищ как природно-хозяйственных объектов характерна чрезвычайно высокая динамичность развития (эволюции).

Рассмотрим кратко эти принципиальные особенности.

Водохранилища — управляемые объекты. Это означает, что основные параметры водохранилища (объем, площадь, место расположения и режим регулирования), а вместе с ними и многие другие характеристики определяются человеком на стадии проекта; в составе гидроузлов имеются специальные технические системы, сооружения и устройства (гидротурбины, водосбросные отверстия с затворами), позволяющие изменять объем и уровень воды в водохранилище. Главная особенность решений, связанных с эксплуатацией водохранилищ, — некоторая неопределенность, обусловливаемая стохастическим (вероятностным) характером направленности и интенсивности гидрометеорологических процессов в водосборном бассейне.

Водохранилища следует рассматривать как природно-технические системы, комплексы, которые состоят из природной и технической подсистем, диалектически взаимодействующих между собой. Учет этого взаимодействия может существенно увеличить возможности рационального и комплексного использования водохранилищ, а игнорирование — привести к значительным потерям. Управляя технической подсистемой водохранилищ, человек может вызвать развитие таких процессов, явлений и эффектов в природной подсистеме, которые он пока не в состоянии предотвратить либо их преодоление требует значительных затрат трудовых и материальных ресурсов. Поэтому управляемыми объектами водохранилища можно считать лишь частично. Непосредственно и полностью человек управляет только запасами воды, а экосистемой и геосистемой водохранилища — частично и косвенно.

При создании водохранилищ происходят многообразные изменения природных и хозяйственных условий на территориях, как непосредственно прилегающих к новому водоему, так и на удаленных от него вниз по течению реки. Масштабы, глубина и направленность этих изменений определяются размерами нового водоема (площадь, объем водной массы, длина, ширина) и своеобразием природных условий района, которые могут ослаблять или, наоборот, усиливать влияние водохранилища.

Когда говорят, что водохранилищам



2. Комплексный (энергоирригационный) гидроузел Хьюм на р. Муррей в предгорье Большого Водораздельного хребта (Австралия)

присуща особая система внутриводоемных процессов, имеют в виду, что свойственные им гидрологические, гидрофизико-химические и гидробиологические процессы не идентичны тем, которые наблюдаются в других водных объектах — озерах, реках и каналах. Ведущими факторами, определяющими специфику взаимосвязанных и взаимообусловленных внутриводоемных процессов в водохранилищах, служат водообмен и уровенный режим водоема. Один из показателей водообмена — период, в течение которого происходит полная смена водной массы: для водохранилищ разного типа он может составлять от нескольких суток до нескольких лет.

Амплитуда колебаний уровня воды в разных водохранилищах изменяется также в широких пределах — от нескольких десятков сантиметров для равнинных водохранилищ до многих десятков и даже более 100 м для горных водохранилищ (рис. 3).

Именно эти факторы и отличают условия развития внутриводоемных процессов в водохранилищах от тех, которые характерны для озер и рек. Проявляется это в том, что в водохранилищах создаются активные гидродинамические зоны транзитного стока, т. е. направленного движения воды к плотине, и образуются зоны водоворотных циркуляций, когда частицы воды перемещаются по очень сложным замкнутым траекториям. Наличие такой сложной гидродинамической структуры определяет многие важные для водоемов особенности: формирование и движение водных масс; термический, газовый и биогенный режимы; перемещение и осаждение минеральных и органических взвесей; процессы самоочищения воды и, наконец, жизненно важные условия обитания бактерий, организмов, живущих в толще воды (планктон), донных организмов (бентос), водной растительности, рыб.

Процессы трансформации вещества и энергии в водохранилищах имеют иные, чем в озерах и реках, масштабы, направленность, интенсивность и длительность. Это выражается в показателях качества воды, в структуре и продуктивности водных экосистем. В целом водохранилища можно рассматривать как своеобразные огромные преобразователи и аккумуляторы вещества и энергии, но только не автономные, как, например, озера. Рекам же в отличие от водоемов с замедленным водообменом, наоборот, свойствен поточный механизм преобразования вещества и энергии.

Этот накопительный эффект водохранилищ имеет как положительное (осветление воды, снижение ее цветности, уменьшение содержания вредных бактерий), так и отрицательное значение (уменьшение самоочищающей способ-



3. Вид на Угличское водохранилище на Волге (имеет незначительные колебания уровня воды в течение большей части года)

ности воды, образование застойных зон, большее, чем в реках, прогревание воды, особенно на мелководьях, и как следствие — евтрофирование новых водоемов). Характерные примеры евтрофирования водохранилищ: избыточное развитие синезеленых водорослей (цветение воды), чрезмерное продуцирование биомассы водной растительности (заболачивание акватории). Иначе говоря, для многих гидробионтов в водохранилищах создаются не самые лучшие условия; они к тому же усугубляются недостаточно благоприятным уровенным режимом. Это в итоге существенно отражается на количестве и качестве хозяйственно наиболее ценной для человека рыбной продукции.

Возрастающее экономическое значение водохранилищ, особенно крупных, выражается в формировании водохозяйственных комплексов. Водохранилища оказываются вовлеченными в систему связей и отношений не только собственно водохозяйственных, но и социально-экономических. Даже когда водохранилище создается в интересах только одной отрасли, со временем и другие отрасли хозяйства оказываются заинтересованными в его использовании.

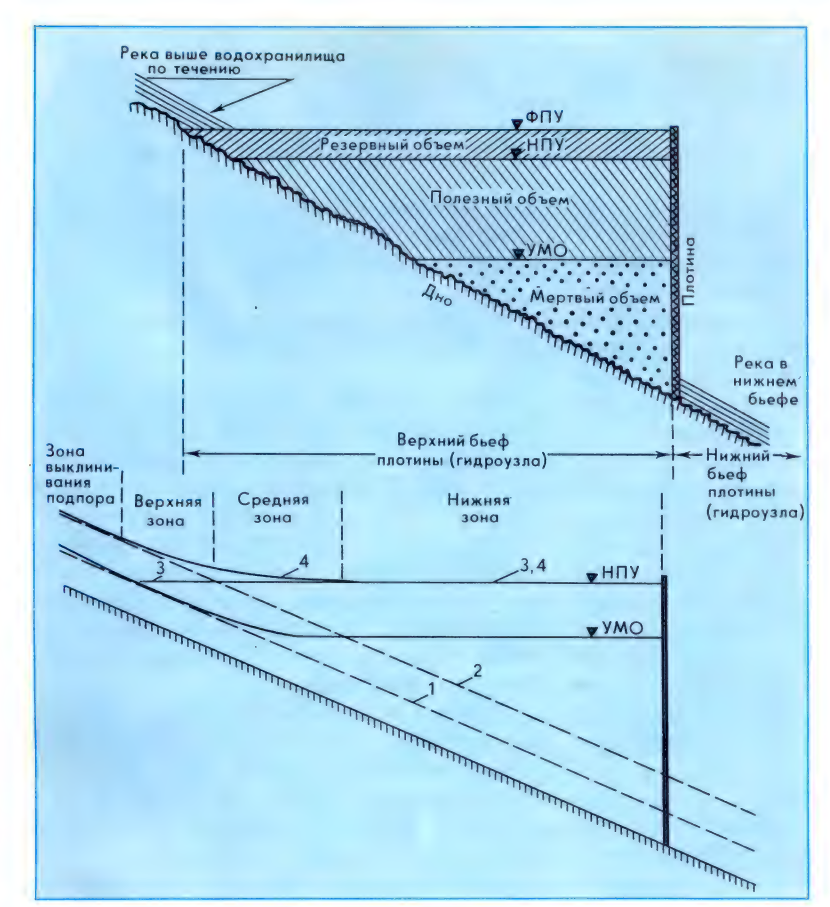
Водохранилища посредством гидравлических и водохозяйственных связей неизбежно оказываются также включенными в сложную разветвленную систему природно-хозяйственных отношений сначала в пределах участка реки, затем в пределах речного бассейна; в дальнейшем с развитием межбассейновых перебросок поверхностного стока ключевая роль водохранилищ распространится на еще большие регионы.

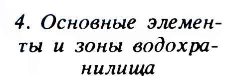
Влияние современных водохозяйственных суперсистем и систем прослеживается во многих социально-экономических сферах государств и простирается далеко за пределы районов самих водохранилищ как базовых элементов этих систем.

Один из ярких примеров — водохозяйственная суперсистема бассейна Волги, насчитывающая 14 крупных и сотни небольших водохранилищ, режим использования которых ощущается на всем протяжении великой русской реки. Великой также и потому, что на территории волжского бассейна проживает почти каждый четвертый житель страны и производится четверть всей промышленной и сельскохозяйственной продукции. Аналогичные водохозяйственные суперсистемы на базе водохранилищ сформировались на Днепре, Сырдарье, Амударье, Ангаре, а также на Колумбии, Теннесси, Паране и многих других крупных реках планеты.

Поскольку вопросам рационального использования водохранилищ посвящена специальная глава книги, отметим только, что на современном этапе происходят заметные изменения структуры водохозяйственных комплексов. Они выражаются в увеличении числа компонентов и участников ВХК, в формировании водохозяйственных систем из нескольких ВХК, в изменении традиционных требований отраслей хозяйства к использованию водохранилищ.

И наконец, несколько слов еще об одной принципиальной особенности водохранилищ — высокой их динамичности как природно-хозяйственных объектов. Эта динамичность обусловлена тремя факторами: 1) изменчивостью гидрометеорологических процессов, определяющих гидрологический режим водоема; 2) стремительным изменением воздей-





4. Основные элементы и зоны водохранилища

Основные элементы режима водохранилища.
1 — меженный уровень воды до подпора;
2 — половодный (паводковый) уровень до подпора;
3 — нормальный подпорный уровень (НПУ),
4 — половодный (паводковый) уровень в условиях подпора

ствия хозяйства на природную среду, в том числе и на водоемы; 3) изменениями по разным причинам режима эксплуатации водохранилищ. Совокупное воздействие указанных факторов приводит к тому, что водохранилища крайне редко можно считать стационарными объектами, эволюцию которых легко и однозначно определить на основе прошлой предыстории. Поэтому если и говорится о каком-либо равновесном состоянии водохранилищ, то всегда подразумевается динамическое равновесие их как природно-хозяйственных объектов, которое может резко нарушиться при изменении любого из указанных выше факторов. Динамичность водохранилищ проявляется во всех их характеристиках, но, пожалуй, наиболее ярко — в процессах формирования берегов, изменении качества воды, структуры и продуктивности водных и наземных (в береговой зоне) экосистем. В специальной литературе иногда даже употребляется термин «эволюция водохранилищ», однако если эволюция озер продолжается в течение многих сотен и тысяч лет, то в водохранилищах существенные изменения основных процессов и явлений происходят по крайней мере на порядок быстрее. Если в озерах изменения носят постепенный и направленный («правильный») характер, то водохранилища развиваются циклически и скачкообразно в соответствии с соотношением изменений ведущих факторов.

Прежде чем перейти к дальнейшему изложению, поясним несколько основных положений и терминов (рис. 4).

Главная цель создания водохранилищ — регулирование стока. Оно делается в основном в интересах энергетики, ирригации, водного транспорта, водоснабжения и в целях борьбы с наводнениями.

Для этого в водохранилищах аккумулируется сток в одни периоды года и отдается накопленная вода в другие периоды.

Период аккумуляции стока называется **наполнением** водохранилища, а процесс отдачи накопленной воды — **сработкой** водохранилища. Как наполнение водохранилища, так и его сработка производятся всегда до более или менее определенных уровней. Высший проектный уровень водохранилища (верхнего бьефа плотины), который подпорные сооружения могут поддерживать в нормальных эксплуатационных условиях в течение

длительного времени, называется **нормальным подпорным уровнем (НПУ).** На нормальный подпорный уровень рассчитываются как сооружения инженерной защиты, так и все промышленные, транспортные, коммунальные и другие сооружения, располагающиеся на берегах водохранилища. Минимальный уровень водохранилища, до которого возможна его сработка в условиях нормальной эксплуатации, называется **уровнем мертвого объема (УМО).** Объем воды, заключенный между НПУ и УМО, называется **полезным,** так как именно этим объемом воды и можно распоряжаться в различных хозяйственных и других целях. Объем же воды, находящейся ниже УМО, называется **мертвым,** так как использование его в нормальных условиях эксплуатации не предусматривается.

Пропускная способность гидроузла (его турбин, водосливных пролетов, донных отверстий, шлюзов) по экономическим и реже техническим соображениям ограниченна. Поэтому когда по водохранилищу идет расход очень редкой повторяемости (раз в сто, тысячу, а то и десять тысяч лет), гидроузел не в состоянии пропустить всю массу воды, идущую по реке. В этих случаях уровни воды на всем водохранилище и у плотины повышаются, увеличивая его объем иногда на значительную величину; одновременно увеличивается пропускная способность гидроузла. Такой подъем уровня выше НПУ в период прохождения высоких половодий редкой повторяемости называется **форсированием уровня водохранилища,** а сам уровень — **форсированным подпорным** (ФПУ). На водохранилищах, используемых для водного транспорта или лесосплава, сработка уровня в период навигации ограничивается уровнем, при котором речной флот по состоянию глубин может продолжать нормальную работу. Этот уровень, находящийся между НПУ и УМО, называется **уровнем навигационной сработки (УНС).** Уровни воды, в особенности при НПУ и ФПУ, у плотины, в средней и верхней зонах водохранилища не одинаковы. Если у плотины уровень соответствует отметке НПУ, то по мере удаления от нее он повышается вначале на сантиметры, а затем и на десятки сантиметров, а в отдельных случаях и на один-два метра. Это явление носит название **кривой подпора.**

2. КРАТКИЕ ДАННЫЕ ОБ ИСТОРИИ СОЗДАНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ

Многие древние цивилизации развивались в аридных областях, где орошение земель было жизненной необходимостью, вело к оседлости населения и было важным фактором возникновения и развития первых государственных образований. Создание водохранилищ относилось к крупнейшим строительным мероприятиям и означало использование новейшей для тех времен техники и строительного искусства.

Первые водохранилища были созданы, по-видимому, в Древнем Египте еще при основателях первой династии, т. е. более чем за 3 тыс. лет до н. э. При фараоне Менесе в целях отвода Нила от площадки, где строилась столица г. Мемфис, в 20 км выше по течению была сооружена плотина Кошиш длиной 450 м и высотой 15 м. Примерно за 2800—2500 лет до н. э. в 30 км южнее Каира была возведена плотина Садд-эль-Кафара на Вади-Гарави высотой 12 м и длиной 108 м, которая вскоре после строительства была размыта из-за отсутствия водослива (Schnitter, 1965). Около 2300 г. до н. э. было создано «знаменитое и загадочное» водохранилище Мёрис емкостью более 1 куб. км (в 80 км юго-западнее Каира), которое впоследствии Геродот назвал одним из чудес света. Это водохранилище питалось водой, подаваемой из Нила по каналу (Schnitter, 1965; Smith, 1970).

Чуть позже, чем в Египте, началось создание водохранилищ на Ближнем Востоке. Около 2500 лет до н. э. была сооружена плотина Нимрод высотой 12 м на р. Тигр выше г. Самарра, которая просуществовала, по некоторым сведениям, до VII в. до н. э.; плотина и водохранилище были величественнейшими сооружениями того времени, поскольку они построены на большой реке со среднегодовым расходом 1300 куб. м/с. Из водохранилища начинался оросительный канал Нахрван, который проходил вдоль Тигра на протяжении 400 км; для питания этого канала впоследствии также

была создана плотина на одном из левых притоков. В IX в. н. э. арабы предприняли неудавшуюся попытку восстановить плотину Нимрод (Schnitter, 1965; Smith, 1970).

Существует легенда, что разрушение Вавилона в VII в. до н. э. ассирийским царем Синахерибом было произведено с помощью специально созданного, а затем спущенного (путем разрушения плотины) водохранилища на Евфрате. При этом царе в Месопотамии строились и другие плотины; остатки некоторых из них (как, например, в 25 км северо-восточнее развалин Ниневии) сохранились до настоящего времени (Smith, 1970).

Примерно за 1300 лет до н. э. на территории нынешней Сирии была возведена плотина Хомс на р. Оронт длиной 2 км. Около 750 г. до н. э. в государстве Саба (ныне это территория Йеменской Арабской Республики) была построена плотина высотой 4 м и длиной 600 м, образовавшая водохранилище Мариб (Королевское озеро, по Плинию) на р. Вади-Дхана для орошения земель. Примерно в 500-м и 325-м годах до н. э. эта плотина надстраивалась (соответственно до высоты 7 и 14 м). Водохранилище просуществовало приблизительно до 575 г. н. э.; остатки плотины сохранились до сих пор (Smith, 1970).

В последующий период на Ближнем Востоке был создан еще ряд водохранилищ. В VII—VI вв. до н. э. севернее современного Мосула были созданы два водохранилища для водоснабжения древней Ниневии, а также два водохранилища для орошения (у Абу-Хабба и на р. Дияла, северо-восточнее Багдада) (Schnitter, 1965).

Создание водохранилищ продолжалось и в конце древнего периода — в первые века нашей эры преимущественно в таких центрах цивилизации, как Месопотамия, Иран, Римская империя и др. Так, в III в. н. э. в Западном Иране в целях развития ирригации была построена плотина Шустер. В начале нашей эры в Набатейском царстве (на территории современных Иордании и Израиля) были сооружены тысячи прудов и небольших водохранилищ для сбора дождевых вод; самое крупное водохранилище располагалось на р. Сиг, у тогдашней столицы царства г. Петра, и было образовано плотиной высотой 14 м. От тех времен сохранились две плотины (Schnitter, 1965).

Римлянами, особенно в период царствования императора Траяна (I—II вв. н. э.), были сооружены водохранилища Корнальбо и Прозерпина в Иберии, Орюкайя-Кавдарахисар в Анатолии и некоторые другие. Несомненно, небольшие водохранилища сооружались и в Апеннинах, однако сведений о них мы не имеем. О высоком уровне гидротехнического строительства в римский период свидетельствуют остатки римского акведука и других сооружений.

О масштабах гидротехнического строительства дают представление данные по Ирану, где в эпоху царя Дария I (VI в. до н. э.) в интересах ирригации было создано 9 плотин на р. Джарахи, плотина Камжерд на р. Кор вблизи древнеиранского г. Персеполя и др. При правлении династии Сасанидов (III—VII вв. н. э.) построены плотины Бенде-Мижан на р. Карун, Гергер (существуют до сих пор), Дизфуль (сохранились бычки плотины) и др.

Создание водохранилищ до нашей эры велось также в Восточной и Южной Азии — на территории Китая, Японии, Индии, Шри-Ланки. В Китае с древнейших времен проводились большие работы по строительству плотин, дамб, водоемов, каналов в целях орошения и судоходства. Из известных объектов можно указать на плотину Гуков в провинции Шэнси (240 г. до н. э.). В Японии в 172 г. н. э. создали водохранилище Каеруматойке вблизи будущей первой столицы, г. Нара. В Индии на полуострове Катхиявар примерно за 300 лет до н. э., при правителе Чандрагупте, сооружено водохранилище Сударсана (Schnitter, 1965). На Цейлоне в целях ирригации построили несколько обвалованных водоемов, в том числе «Великую дамбу» (494 г. н. э.) и др.

В средние века (конец V — середина XVII в.) по мере развития материального производства, роста численности населения и соответственно увеличения потребности в сельскохозяйственной и промышленной продукции темпы водохозяйственного строительства, в том числе создания водохранилищ, постепенно воз-

растали; они испытывали, конечно, значительные колебания в зависимости от расцвета и гибели цивилизаций, крупных государств и империй. Так, татаро-монгольское нашествие привело к разрушению многих плотин на Среднем Востоке (юг Средней Азии, Иран и др.). К таким же результатам привело завоевание Центральной и Южной Америки испанскими конкистадорами.

Продолжалось строительство водохранилищ для целей преимущественно ирригации в аридных регионах мира — в Средиземье, на Среднем Востоке, в Южной и Восточной Азии. Так, в Иране плотины строились в целях ирригации, водоснабжения, выправления русл рек и т. д. на рубеже 1-го и 2-го тысячелетий н. э., в том числе Бенде-Эмир (между Исфаханом и Ширазом), Савех, Караб и др. Плотина Савех на р. Фаврехан высотой 40 м и длиной по гребню 120 м просуществовала около 100 лет, как об этом можно судить по сохранившимся донным отложениям. До сих пор эксплуатируется водохранилище Бенде-Эмир; оно может служить примером древнего комплексного объекта, поскольку предназначалось для орошения и получения механической энергии (в настоящее время мельница заменена гидроэлектростанцией) и использовалось для судоходства и водоснабжения. Сохранилось также водохранилище Караб в Центральном Иране, хотя оно сильно заилено (Hartung, 1972).

В Китае обширное водохозяйственное строительство велось в междуречье Хуанхэ и Янцзы в интересах орошения и внутреннего судоходства. Известен пример создания плотины на р. Хуайхэ в провинции Аньхой (VI в. н. э.), закончившегося катастрофой. В XVI—XVII вв. ниже по течению этой реки дамбой Минг длиной 100 км создано водохранилище Хунизэху и ряд других, небольших водохранилищ.

В Японии за период 522—1603 гг. сооружено примерно 30 водохранилищ с плотинами выше 15 м, а в период самоизоляции Японии (1603—1867 гг.) — 540 водохранилищ с плотинами высотой более 15 м (Schnitter, 1965). На Цейлоне в средние века построены известные ныне плотины Паракрама (или Топавева, 1186 г.) и Падавиль. В Индии в XI в. в Мадхья-Прадеш построена плотина Бхойпур, в Майсуре у г. Мандья — плотина Моти-Талав (эксплуатируется и ныне).

В Европе помимо указанных выше нескольких водохранилищ римской эпохи в Испании осуществлялось создание малых водохранилищ и прудов при строительстве мельничных плотин (рис. 5). В Галлии (Франция) первые мельницы появились в III—IV вв.: так, вблизи г. Арля сохранились остатки каскада из 16 мельниц. Широкий размах строительство мельничных плотин получило в VIII—IX и особенно в XII—XIII вв. Водохранилища при мельничных плотинах имели, конечно, небольшой объем и по современной классификации искусственных водоемов относятся большей частью к прудам.

Более крупные водохранилища в Европе появились позднее, когда стали развиваться добыча руд, обработка металлов, лесопиление и т. д. Так, в Гарце объем отдельных водохранилищ, созданных для промывки руд, достигал нескольких миллионов кубических метров. Создавались водохранилища и для орошения земель, как, например, водохранилища Альманаса (XIV в.) и Рельса (XV в.) в Испании (World Register, 1971).

В социалистических странах Европы создание водохранилищ началось в разные периоды истории. В северной половине Восточной Европы (ГДР, ПНР, ЧССР) строительство их началось еще в средние века в связи с развитием ремесленного производства (в таких районах, как Богемия, Силезия, Саксония) и рыболовства; позже к этому прибавились нужды водного транспорта.

В ЧССР до настоящего времени эксплуатируются водохранилища, созданные еще в XIV—XVI вв. (Дворжиште — 1367 г., Иордан — 1492 г., Харузицки — 1512 г., Станьковски — 1545 г., Рожмберк — 1590 г.). По данным Я. Буличека (1969), в Чехословакии в XVI в. общая площадь прудов и водохранилищ составляла 1800 кв. км; использовались они главным образом для рыболовства и водоснабжения; в последующие столетия многие из прудов и водохранилищ были спущены в целях получения дополнительных сельскохозяйственных угодий.



5. Средневековая мельница на р. Требишница в Югославии

В Польше водохранилища стали сооружать с XIV в.; до настоящего времени эксплуатируются 10 водохранилищ, созданных в XIV—XVIII вв. На территории нынешней ГДР первые водохранилища появились в Рудных горах в районе Фрейбурга (Гроссхарменсдорф — 1524 г., Оберер-Харт — 1591 г., Дёрнталь — 1790 г. и др.) и в Гарце — Тойфельстайх — 1696 г., Гросс-Зиберштайн — 1793 г. и др. (Ander, 1982).

Значительные гидротехнические сооружения строились инками и другими народностями в Перу до существования инкского государства Тауантинсуйу (примерно в XV в.). Несколько водохранилищ для сбора талых вод существовало у подножия Анд, как, например, водохранилище в долине Непенья длиной 1,2 км и шириной 0,8 км (Smith, 1970). Много плотин для забора воды строилось в Мексике народом майя; хорошо известно водохранилище у древнего г. Тикаль. Для водоснабжения городов майя сооружали многочисленные резервуары; некоторые из них сохранились до XIX в. Грандиозные по тем временам сооружения возводили ацтеки (XIV—XVI вв.), например дамбу Нецауалькойотль длиной 16 км, которая разделила оз. Тескоко и образовала водохранилище Мехико (Ивлева, 1973).

Испанские конкистадоры (XV—XVI вв.) разрушили большинство древних гидротехнических сооружений ацтеков, инков, майя. Создававшиеся испанцами подобные сооружения по сложности и размерам часто уступали прежним. Все же в XVII—XVIII вв. в Латинской Америке были построены некоторые большие водохранилища — Журурия объемом 220 млн. куб. м и площадью 96 кв. км (используется до сих пор) и Чалвири объемом 3 млн. куб. м, оба — для водоснабжения серебряных рудников в Потоси в Боливии (Smith, 1970).

Несравненно больших масштабов создание водохранилищ достигло в эпоху промышленной революции и развития капитализма, т. е. в XVIII—XIX вв. Главную роль в создании водохранилищ играла увеличивавшаяся потребность в механической энергии (до периода широкого распространения паровых машин) для прядильно-ткацких, металлообрабатывающих, лесопильных, горнорудных предприятий; нередко такие водохранилища (заводские пруды) использовались и для промышленного водоснабжения. Много таких прудов появилось тогда в Англии, Германии, Франции, Австро-Венгрии (Мартонн, 1938), России (особенно в Карелии, Центре и на Урале).

Другой причиной создания водохранилищ в этот период было развитие водного транспорта; требовалось регулирование стока в целях увеличения меженных расходов в реках и для питания водой многочисленных каналов. Например, для питания Южного канала, соединившего Средиземное море с Бискайским заливом (Франция), построено водохранилище Сен-Перроль на р. Лодо объемом 7 млн. куб. м (Витвер, 1963); в интересах водного транспорта водохранилища создавались в Англии, Германии, России (например, Вышневолоцкое, Шлинское, Кубенское, Уверское).

В рассматриваемый период водохранилища создавались также для промышленного и коммунального водоснабжения (в первую очередь в таких промышленных районах Западной Европы, как Рурская область, Силезия, Средняя Англия, а также на Урале в России, в Пенсильвании и Новой Англии в США и др.). Некоторые водохранилища создавались и для борьбы с наводнениями.

Следующий этап создания водохранилищ начался на рубеже XIX и XX вв. в связи с широким использованием электроэнергии; во всех развитых капиталистических странах, а затем и в остальных государствах стали строить гидроэлектростанции; вначале их сооружали преимущественно в расчете на использование незарегулированного стока, но затем для повышения надежности электроснабжения и увеличения выработки электроэнергии стали создавать водохранилища. Наибольшего размаха их строительство достигло в таких странах, как

Таблица I-1

Динамика роста количества и полного объема водохранилищ емкостью от 100 млн. куб. м по материкам и крупнейшим странам

Материк, страна	До 1900 г.	1901 — 1950 гг	После 1950 г	Всего
Европа	9 / 3,3	104 / 121,7	399 / 461,2	512 / 586,2
В том числе СССР	6 / 3,0	31 / 68,6	95 / 336,1	132 / 407,7
Азия	5 / 1,7	47 / 17,9	595 / 1 516,7	647 / 1 536,3
в том числе СССР	— / —	12 / 5,1	93 / 760,5	105 / 765,6
Китай	— / —	1 / 0,2	146 / 237,1	147 / 237,3
Индия	5 / 1,7	23 / 9,9	174 / 215,3	202 / 226,9
Африка	1 / 0,1	15 / 15,0	99 / 869,6	115 / 884,7
Северная Америка	25 / 8,4	342 / 344,7	520 / 1 324,2	887 / 1 677,3
в том числе США	25 / 8,4	272 / 244,2	392 / 526,3	689 / 778,9
Центральная и Южная Америка	1 / 0,3	22 / 8,8	188 / 679,6	211 / 688,7
в том числе Бразилия	— / —	10 / 3,4	82 / 349,2	92 / 352,6
Австралия	— / —	10 / 10,6	60 / 65,1	70 / 75,7
Итого по миру	41 / 13,8	540 / 518,7	1 861 / 4 916,4	2 442 / 5 448,9
в том числе СССР	6 / 3,0	43 / 73,7	188 / 1 096,6	237 / 1 173,3

Примечание. В числителе — количество водохранилищ, в знаменателе — полный объем в куб. км.

Швейцария, Австро-Венгрия, Франция, Германия, Италия, Швеция, Норвегия, США, Япония.

Наряду с гидроэнергетическими все больше водохранилищ стало создаваться в интересах ирригации, промышленного и коммунального водоснабжения, борьбы с наводнениями (особенно в США, Индии, некоторых европейских странах) и т. д.

Современный этап массового и повсеместного создания водохранилищ начался после второй мировой войны. Регулирование стока стало проводиться не только для решения традиционных проблем развития энергетики и ирригации, но и для водообеспечения городских агломераций, промышленных районов, районов отдыха и улучшения экологического состояния крупных природных объектов и районов.

В этот период водохранилища создаются почти во всех странах мира, но особенно их число увеличивается в социалистических странах, в том числе в СССР, в развивающихся странах, а также в некоторых капиталистических — например в Испании, США, Канаде, Австралии, Норвегии, Швеции и др. Темпы создания водохранилищ в текущем столетии показаны в табл. I-1. Экономические и социальные факторы создания водохранилищ рассмотрены в следующей главе.

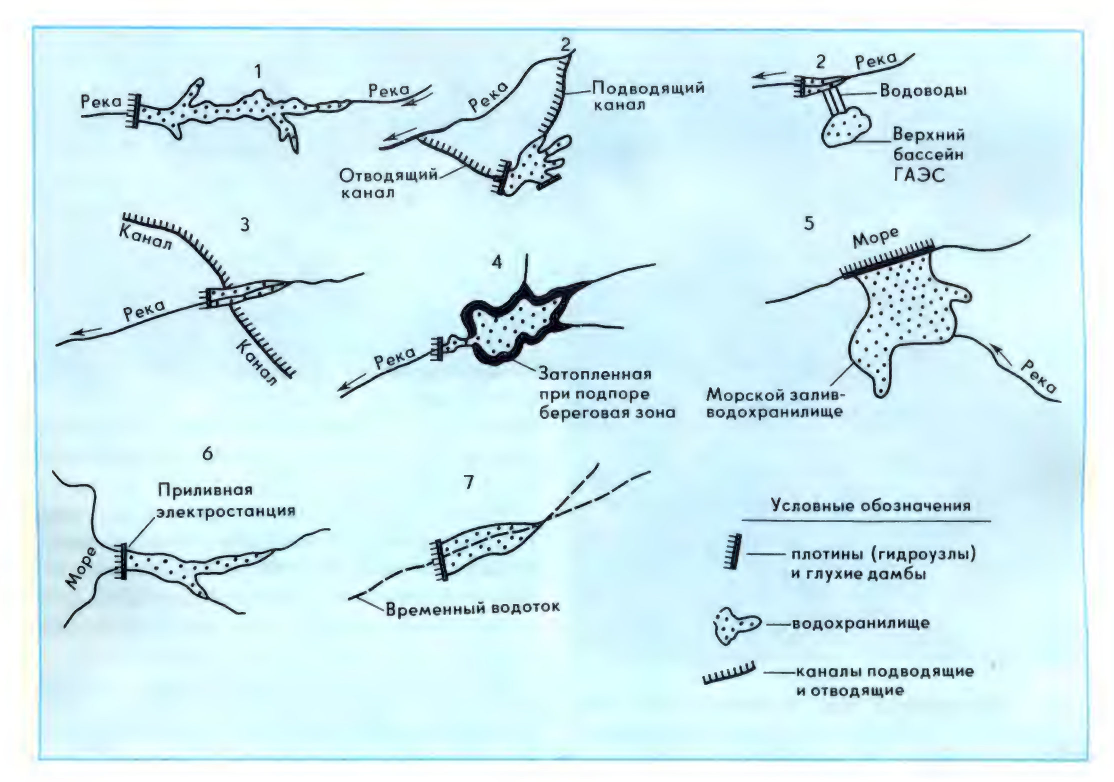
3. КЛАССИФИКАЦИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ

Более 30 тыс. водохранилищ земного шара, эксплуатируемых в настоящее время, существенно различаются между собой по параметрам, режимным характеристикам, направлению хозяйственного использования и воздействию на окружающую среду. Трудно назвать более яркий пример человеческой деятельности, где так полно и сложно переплетается (иногда самым причудливым образом) весь спектр актуальных для современного человечества проблем — энергетических и продовольственных, экологических и социальных, экономических и технических, инженерных и природоохранных.

Для решения многих не только научных, но и практических вопросов проектирования, создания и использования водохранилищ особо важное значение приобретает упорядочение и систематизация колоссального объема разнообразных сведений и данных о водохранилищах. Разработка фундаментальной и универсальной (многомерной) классификации и типизации водохранилищ требует одновременного учета природных, технических, экологических и социальных аспектов и их специфики для регионов с разными природно-хозяйственными и социальными условиями. Решение этой задачи затруднено из-за недостатка комплексных данных и неполной изученности многих указанных выше аспектов не только в развивающихся, но даже и в промышленно развитых капиталистических странах мира. Поэтому необходимый начальный этап универсальной систематизации водохранилищ — разработка частных (по отдельным критериям, параметрам и признакам) классификаций и типизаций,

6. Характерные типы водохранилищ по генезису

1 — речное долинное, созданное подпором реки плотиной; 2 — наливное; 3 — смешанное — наливное и долинное; 4 — озеро-водохранилище; 5 — отчлененное от моря и опресненное; 6 — отчлененное от моря без опреснения (приливная электростанция); 7 — на временном водотоке



ряд которых охарактеризован ниже.

Типизация по генезису. В основу типизации водохранилищ может быть положен прежде всего признак генезиса, указывающий на способ их образования. Естественные емкости, в которых аккумулируется вода, принято называть **чашами водохранилищ** (рис. 6). Используя этот признак, следует различать водохранилища в долинах рек, перегороженных плотинами, в том числе и на временных водотоках; наливные водохранилища; зарегулированные озера (озера-водохранилища); водохранилища в местах выхода грунтовых вод и в карстовых районах; водохранилища прибрежных участков моря и эстуариев, отделенных от открытого моря дамбами (Авакян, Шарапов, 1977; Водохранилища мира, 1979).

Во всех странах мира наибольшее количество водохранилищ расположено **в долинах рек.** Их площадь колеблется от долей до нескольких тысяч квадратных километров. Среди водохранилищ, созданных в речных долинах, наибольшее по площади — водохранилище Вольта в Гане (рис. 7), а по объему — Братское в СССР.

Водохранилища на временных водотоках чаще всего создаются в странах с аридным климатом или районах с муссонным климатом, а также в субнивальном климате горных стран. Небольшие водохранилища, расположенные на пересыхающих потоках (вади или уэды), особенно многочисленны в Юго-Восточной Индии (штат Мадрас), в Шри-Ланке, в предгорных пустынях и полупустынях Северной Африки и Аравии. В питании их большую роль играют воды, образующиеся во время таяния снегов, выпадающих иногда в горах. Водохранилища, сооружаемые в высокогорных долинах и цирках в пределах субнивального пояса, собирают воды тающих фирновых полей и ледников.

Наливные водохранилища чаще всего создаются в естественных депрессиях, куда по каналам подаются преимущественно избыточные паводковые воды рек. В качестве примеров наливных ирригационных водохранилищ можно назвать Каттакурганское, Тудакульское, Куюмазарское и ряд других в Узбекской ССР. В Ираке созданы крупные наливные водохранилища Вади-Тартар, Хаббания, Абу-Дибс для аккумуля-



7. Крупнейшее в мире по площади долинное водохранилище Вольта в Гане (космический снимок); хорошо видны сложная конфигурация акватории, обилие заливов

ции паводковых вод Тигра и Евфрата.

Особую группу водоемов, связанных с эксплуатацией каналов, составляют **водохранилища — коллекторы сбросных вод.** Водоемы этой группы создаются ниже основных массивов орошаемых земель с целью сбора возвратных вод. Крупнейшим таким водохранилищем в СССР можно считать оз. Сарыкамыш, питаемое сбросными водами Хорезмского оазиса.

Озера-водохранилища (зарегулированные озера). Значительное число водохранилищ создано путем подпора и искусственного регулирования водообмена естественных озер. Обычно такое регулирование достигается устройством плотины на реке, вытекающей из проточного озера. В отдельных случаях озера-водохранилища создаются путем подпора и объединения нескольких озер, относящихся к разным речным бассейнам. Например, в крупном водохранилище Смолвуд (Черчилл), на полуострове Лабрадор в Канаде, аккумуляция воды осуществляется путем подпора (с помощью 17 плотин) и объединения нескольких озер; теперь их сток сбрасывается в одном направлении — в р. Черчилл.

К озерам-водохранилищам нами отнесены водохранилища, образованные путем подпора озер при относительно небольшом изменении основных параметров этих естественных водоемов. С определенной долей условности можно принять, что озерами-водохранилищами следует считать водохранилища, площадь которых в результате подпора увеличилась не более чем на $^1/_3$ по сравнению с первоначальной.

На земном шаре насчитывается несколько тысяч водохранилищ, созданных путем зарегулирования озер. Точно учесть их общее количество трудно, потому что часто уровень небольших озер искусственно повышается невысокими плотинами, не учитываемыми Мировым регистром плотин и другими справочными изданиями.

Преимущество зарегулированных озер по сравнению с другими типами водохранилищ заключается в том, что при незначительном подпоре и небольшой площади затопления земель можно аккумулировать большой объем воды.

Среди крупнейших озер мира, уровень которых поднят плотинами, — оз. Виктория в Африке, Байкал в СССР, Виннипег и Онтарио в Северной Америке. Значительны по площади и объему многие другие озера-водохранилища — Онежское, Имандровское, Кумское, Шекснинское, Сегозерское, Волховское и другие в СССР, Сайменское, Инари, Венерн в зарубежной Европе, Рейни-Лейк, Лесное, Окичоби, Даниел-Джонсон, Рейндир в Северной Америке, Гордон в Австралии.

К специфической категории относятся так называемые **подземные водохранилища,** при создании которых в качестве емкости используются подземные пустоты, например карстовые. Примеры использования карстовых пустот для сохранения воды известны в Югославии (водохранилища Врла-III, Кокин Брод, каскады на реках Мережница и Добра). В настоящее время на земном шаре имеются сотни небольших подземных водохранилищ, их число будет, несомненно, возрастать, так как при их создании не происходит затопления территории и нет потерь воды на испарение.

В последние годы все большее внимание и интерес специалистов и общественности вызывает создание **водохранилищ в морских заливах, бухтах, лиманах** и **эстуариях**, которые отгоражива-



8. *Пейзаж на Куйбышевском водохранилище; оно располагается в трех природных зонах — степной, лесостепной и лесной*

ются от моря плотинами и дамбами. В результате поступления поверхностного или подземного пресного стока в таких отделенных, отгороженных от моря акваториях происходит постепенное вытеснение соленой морской воды пресной водой, пригодной для технического водоснабжения или иных целей.

Морские водохранилища созданы в Нидерландах (Исселмер и др.), проектируются в Великобритании и других странах. В СССР на трассе будущего канала Дунай — Днепр создано водохранилище в лимане Сасык, и в ближайшие годы будет создано подобное водохранилище в Днепровско-Бугском лимане. Особенно большой интерес и горячую дискуссию вызвало предложение создать огромное морское пресноводное водохранилище (объемом в сотни кубических километров площадью несколько тысяч квадратных километров) в Онежской губе Белого моря, воду из которого предлагалось подавать в систему переброски стока северных рек на юг.

Типизация водохранилищ по географическому положению. Водохранилища — объекты азональные, в зависимости от потребностей хозяйства они могут быть сооружены в любой географической зоне, там, где позволяют условия рельефа и стока. Однако особенности гидрологического, гидрохимического и биологического режимов водохранилищ существенно зависят и от зональных факторов (рис. 8).

При прогнозировании природных процессов в новых водохранилищах и подборе с этой целью соответствующих водоемов-аналогов в первую очередь должно учитываться их расположение в пределах широтного или высотного географического пояса. Водохранилищ совсем нет в арктическом, антарктическом и субантарктическом поясах. Только несколько водохранилищ имеется в субарктическом поясе и сравнительно немного — в экваториальном. Водохранилища эксплуатируются, строятся и проектируются главным образом в умеренных, субтропических и тропических поясах.

Из азональных факторов самый существенный — рельеф. Водохранилище может быть создано в условиях как сильно, так и умеренно расчлененного рельефа, в пределах низменностей, холмистых равнин, предгорий, плато, плоскогорий, горных долин и каньонов. Характер рельефа местности, где создается водохранилище, определяет площади затопления земель на единицу объема и напора, морфологию и морфометрию водохранилища, частично режим сработки и наполнения, а также масштабы влияния водоема на природную среду и, наконец, возможности комплексного или отраслевого использования. Различают водохранилища равнин, предгорных и плоскогорных областей, горных областей (Авакян, Шарапов, 1968, 1977).

Водохранилища равнин характеризуются следующими основными признаками: значительной площадью зеркала и площадью затопления земель на единицу объема и напора; небольшой максимальной (редко более 25 м) и средней (обычно 5—9 м) глубинами; небольшой глубиной сработки (в пределах 2—7 м); большим изменением площади зеркала при колебаниях уровня; интенсивностью переработки берегов и подтопления земель, как правило, комплексным использованием, так как на большинстве рав-



9. Дубоссарское водохранилище на р. Днестр — пример узкого длинного водоема

нинных территорий развито многоотраслевое хозяйство.

Водохранилища предгорных и плоскогорных областей отличаются следующими особенностями: большой максимальной (до 70—100 м) и средней (до 30—35 м) глубиной; значительной глубиной сработки (до 10—20 м); меньшей, чем на равнинах, интенсивностью переработки берегов и подтопления; высокими и в большинстве своем крутыми берегами, что затрудняет хозяйственное освоение береговой полосы; относительно большими нарушениями в хозяйстве прилегающих районов, тем более что большинство хозяйственных объектов сосредоточено в долинах рек.

Горные водохранилища характеризуются сравнительно небольшой площадью акватории и небольшим затоплением земель, редко превышающим десятки квадратных километров; чаще всего большими глубинами (нередко более 100—200 м); очень большой глубиной сработки (в некоторых случаях до 50—100 м и более); менее резкими, чем на равнинах, изменениями площади водного зеркала при сработке; отсутствием значительной ветроволновой переработки и подтопления берегов, сложенных водоупорными скальными породами; интенсивным заполнением наносами (заилением) в связи с большой величиной твердого стока горных рек и обвальными деформациями берегов.

В значительной мере факторами географической и высотной зональности определяются термический режим водохранилищ, наличие, мощность и продолжительность ледового покрова, а также повторяемость и выраженность явления термической стратификации (расслоения) водной массы. Термический режим водохранилищ по сравнению с озерами отличается гораздо большей сложностью и многообразием модификаций. Поэтому известная лимнологическая классификация (Hutchinson, Loffer, 1957) к водохранилищам мало применима.

В табл. I-2 дана уточненная М. А. Фортунатовым (Водохранилища мира, 1979) классификация водохранилищ по их высотному положению с учетом климатических зон, в которых они расположены.

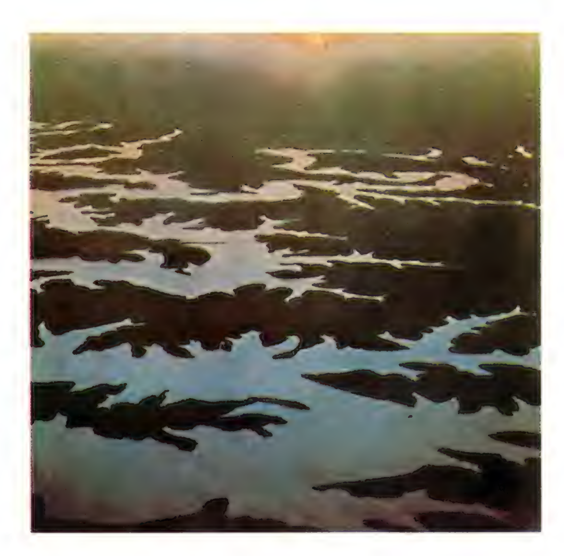
Типизация водохранилищ по конфигурации. Форма водохранилищ разнообразна и варьирует от узких вытянутых водоемов (рис. 9) до расширенных, которые по форме приближаются к неправильным эллипсам, многоугольникам и различным лопастным разветвленным фигурам (рис. 10).

Таблица I-2

Классификация водохранилищ по высотному положению

Типы водохранилищ	Высотное положение по климатическим поясам (метры над уровнем моря)				
	субарктический	умеренный: северная часть	умеренный: южная часть	субтропический и тропический	субэкваториальный и экваториальный
Равнинные	0—200	0—500	0—700	0—1 000	0—1 200
Предгорные	200—500	500—1 000	700—1 200	1 000—1 500	1 200—2 000
Горные	выше 500	1 000—1 500	1 200—2 000	1 500—2 500	2 000—3 000
Высокогорные	—	выше 1 500	выше 2 000	выше 2 500	выше 3 000





10. Водохранилище Тейбл-Рок на р. Уайт-Ривер (США); характерна очень сложная конфигурация акватории

Очертания водохранилищ (в плане) не являются постоянными, их форма и многие морфометрические показатели (ширина, длина, глубина) непрерывно, а зачастую и резко изменяются в зависимости от колебаний уровня воды. Поэтому морфометрия и морфология водохранилища, наблюдаемая при НПУ, далеко не всегда типичны для большей части года.

Имеется много предложений по типизации морфолого-морфометрического строения водохранилищ (Лифанов, 1946; Жадин, Герд, 1961; Авакян, Шарапов, 1977; Матарзин и др., 1977). Наиболее простой представляется типизация М. А. Фортунатова (1970), в соответствии с которой выделяются **пойменные (русловые), долинные, озеровидные и водохранилища сложной формы.** Их названия говорят сами за себя. У первых двух типов длина обычно значительно превышает ширину, причем ширина в большинстве случаев уменьшается от приплотинного участка к верхнему. Для водохранилищ озеровидной формы ширина и длина — сопоставимые параметры. Конфигурация водохранилищ сложной формы очень разнообразна, а подчас и причудлива.

Классификация водохранилищ по объему, площади и глубине. Среди показателей, характеризующих размеры водохранилищ, наиболее важны объем и площадь водного зеркала, поскольку именно этими параметрами определяется в значительной степени их воздействие на окружающую среду. Для репрезентативности сравнения размеров различных водохранилищ их параметры обычно приводятся при отметках НПУ и УМО. По озерам-водохранилищам учитывается только объем регулируемого верхнего слоя воды (полезный объем), а не весь объем зарегулированного озера. Приведем классификацию А. Б. Авакяна и В. А. Шарапова (1977), основанную на анализе обширных материалов по водохранилищам мира (табл. I-3).

До сих пор нет и общепринятой классификации водохранилищ по глубине — очень важного параметра, определяющего особенности многих гидрологических, физико-химических и биологических процессов. Классификация, предложенная М. А. Фортунатовым (Водохранилища мира, 1979) (табл. I-4), позволяет группировать по наибольшей и средней глубинам водохранилища различных типов, включая и многие зарегулированные озера, хотя, конечно, глубочайшее в мире оз. Байкал (1620 м), подпертое плотиной Иркутской ГЭС, далеко выходит за рамки предлагаемой шкалы. Наиболее глубокие водохранилища мира — Нурекское (почти 300 м), Гранд-Диксанс, Мовуазен, Оровил, Мика и др. (230—250 м); сооружаемое Рогунское водохранилище на р. Вахш будет иметь глубину свыше 300 м.

Таблица I-3

Классификация водохранилищ по размерам

Категория водохранилищ	*Полный объем, куб. км*	*Площадь водного зеркала, кв. км*	*Отношение к общему числу водохранилищ, %*
Крупнейшие	более 50	более 5 000	менее 0,1
Очень крупные	50—10	5 000—500	1
Крупные	10—1	500—100	5
Средние	1—0,1	100—20	15
Небольшие	0,1—0,01	20—2	35
Малые	менее 0,01	менее 2	44

Таблица I-4

Классификация водохранилищ по глубине

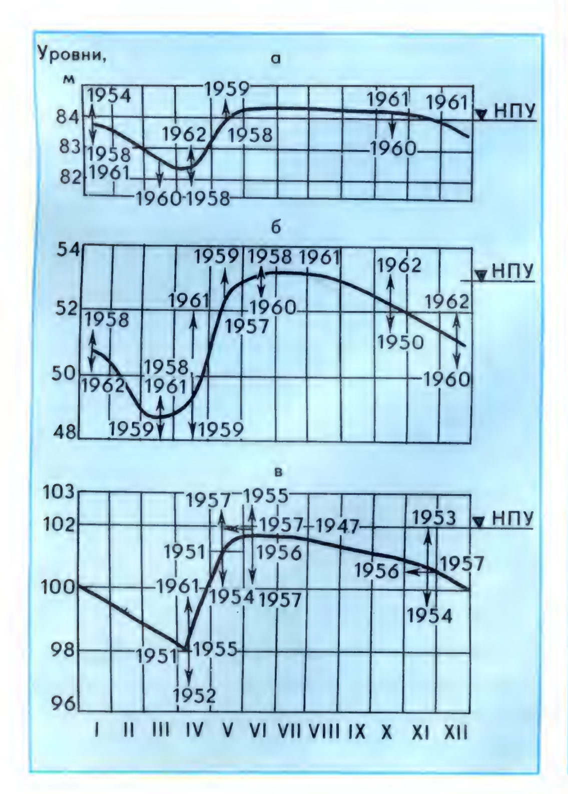
Категории водохранилищ	*Наибольшая глубина, м*	*Средняя глубина, м*
Исключительно глубокие	более 200	более 60
Очень глубокие	100—200	30—60
Глубокие	50—99	15—29
Средней глубины	20—49	7—14
Неглубокие	10—19	3—6
Мелководные	менее 10	менее 3

11. Среднегодовой ход уровней воды в водохранилищах разного вида регулирования и отклонения от него в отдельные годы

Водохранилища: а — Горьковское (сезонное регулирование); б — Куйбышевское (сезонное); в — Рыбинское (многолетнее)

П о х а р а к т е р у р е г у л и р о в а н и я с т о к а различают водохранилища **многолетнего, сезонного (годичного), месячного, недельного и суточного регулирования** (рис. 11, 12).

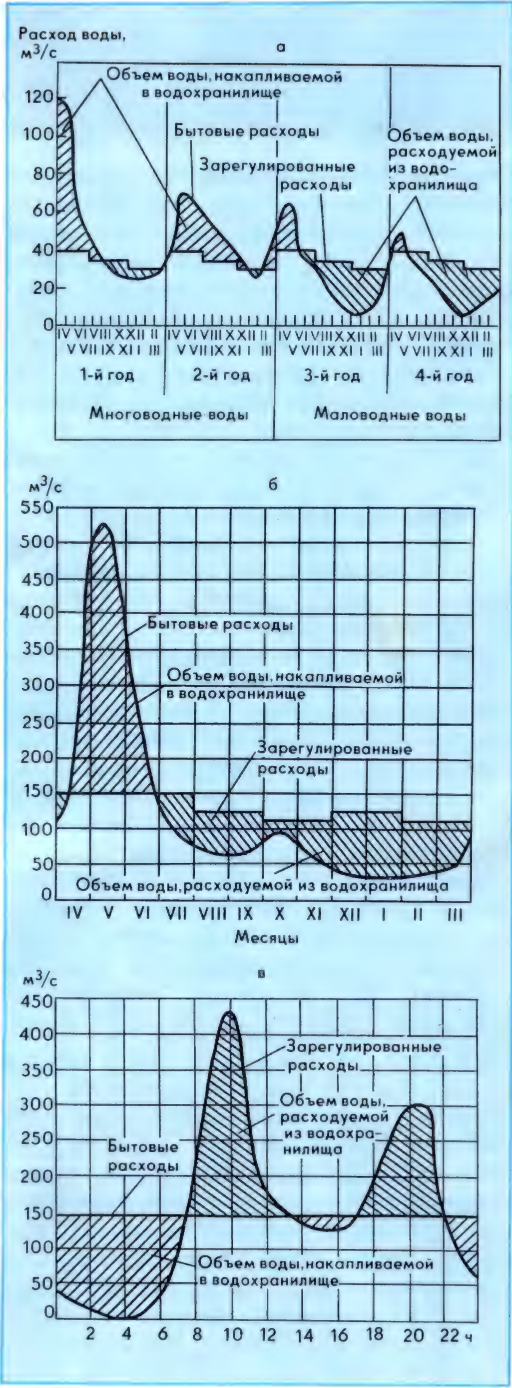
Многолетнее регулирование стока преследует цель задержать сток многоводных лет для использования его в маловодные годы; сезонное регулирование направлено на аккумуляцию в водохранилище стока многоводных периодов (половодья, дождевых паводков и т. п.) для использования в маловодные сезоны года. Сезонное регулирование речного стока осуществляют почти все водохранилища, предназначенные для ирригации, водоснабжения, борьбы с наводнениями, аккумуляции воды в целях обеспечения лесосплавных, судоходных, санитарных и других попусков (т. е. сброса воды вниз по реке), а также многие гидроэнергетические. Месячное, недельное и суточное регулирование стока осуществляется почти всеми водохранилищами гидроэлектростанций. Эти виды регулирования увеличивают неравномерность расходов воды по сравнению с естественными расходами.

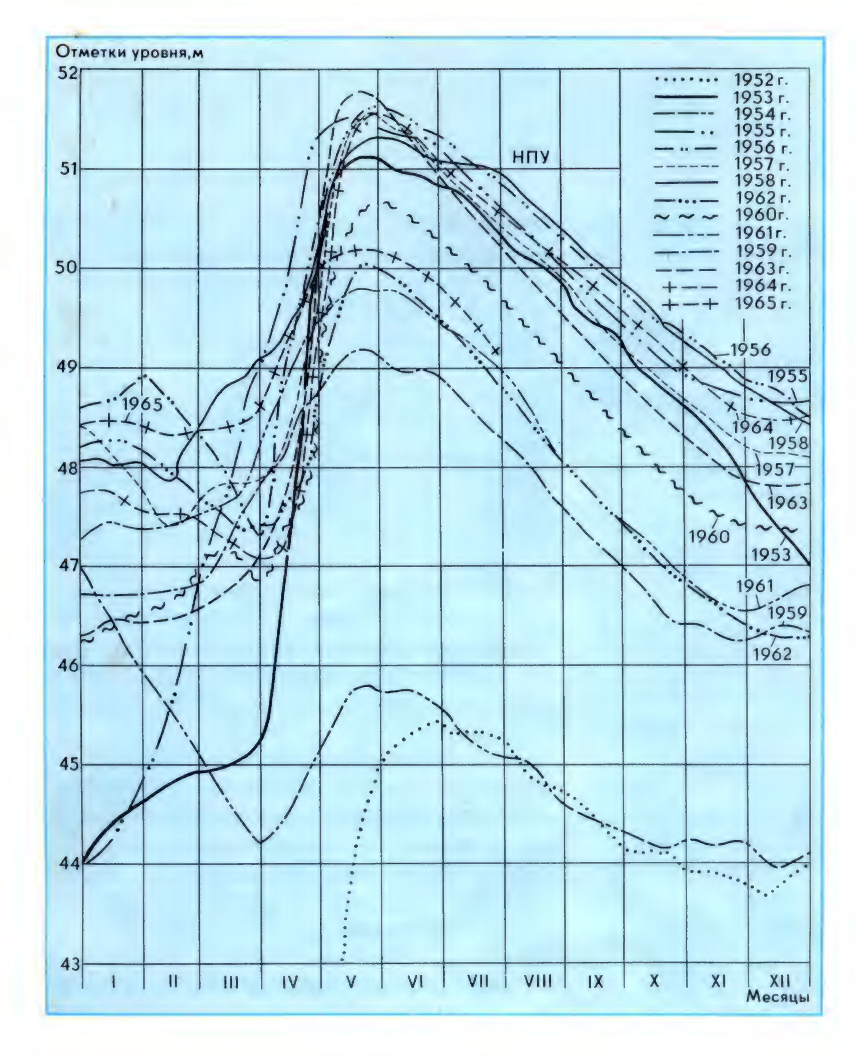


12. Примеры графиков регулирования речного стока водохранилищами

а — график многолетнего регулирования; б — график сезонного (годичного) регулирования; в — график суточного регулирования

Г л у б и н а с р а б о т к и у р о в н я в о д ы водохранилищ относится к числу важнейших показателей их гидрологического режима; она влияет на протекающие в них биологические процессы. Амплитуда колебаний уровней в во-





13. График колебаний уровней воды при многолетнем регулировании речного стока. Уровни Цимлянского водохранилища в разные годы (СССР)

дохранилищах обычно больше, чем в естественных озерах.

При большом разнообразии режимов уровней водохранилищ многолетнего и сезонного регулирования можно выделить такие их общие черты. Наибольшей высоты уровень достигает в конце половодья; затем он сохраняется в течение последующего времени, не одинакового по продолжительности и календарным срокам как на разных водохранилищах, так и на одном и том же водохранилище в годы различной водности. После этого накопленные воды постепенно используются на питание каналов, насосных станций и на сброс воды через турбины гидроэлектростанции или через другие водосливные отверстия в нижний бьеф гидроузла, в результате чего происходит снижение уровня воды; эта сработка водохранилища идет обычно медленно; до минимальных отметок уровень его снижается в предполоводный или предпаводковый период (в СССР — к концу зимы). Затем с нарастанием притока паводковых вод начинается наполнение водохранилища. Водохранилища многолетнего регулирования наполняются до НПУ не ежегодно, а, как правило, только раз в несколько лет (рис. 13).

В правилах эксплуатации ряда водохранилищ предусмотрена возможность превышать (форсировать) отметку НПУ при прохождении паводков редкой повторяемости в 1% (в среднем 1 раз в 100 лет и менее); величина форсировки на водохранилищах СССР при половодьях средней повторяемости 1% составляет обычно 20—70 см, а при повторяемости 0,1 и 0,01% — 1—3 м и более.

В результате анализа данных по нескольким сотням водохранилищ мира нами составлена их классификация по глубине сработки уровня (см. табл. I-5).

К л а с с и ф и к а ц и я п о в о д о о б м е н у. Для характеристики водообмена и степени проточности водохранилищ и озер разными авторами применяются различные показатели. Одним из основных и наиболее удобных показателей для характеристики смены воды, аккумулированной в водохранилищах,

Таблица I-5

Классификация водохранилищ по величине сработки

Характеристика степени колебаний	*Амплитуда в метрах*	*Примеры*
Малая	менее 1	Саратовское, Днепровское, водохранилища каналов Волга—Дон (СССР), Рейн—Майн—Дунай
Небольшая	1—3	Волгоградское, Усть-Илимское, Горьковское (СССР), Ашах (Австрия)
Средняя	3—10	Рыбинское, Куйбышевское, Цимлянское, Братское (СССР), Зильзе (Швейцария)
Большая	11—30	Чиркейское, Хантайское, Красноярское, Мингечаурское (СССР), Кленталерзее, Иннерталь (Швейцария), Тауэрнмоос, Зильвретта (Австрия)
Очень большая	31—100	Нурекское, Токтогульское, Чарвакское (СССР), Вассерфальбоден, Моозербоден (Австрия), Гешёнеральп, Люченддро (Швейцария)
Исключительно большая	более 100	Джварское (СССР), Гранд-Диксанс, Мовуазен (Швейцария), Тинь, Розелан (Франция)

можно считать **осредненную водообменность** (отношение объема водохранилища при НПУ к объему среднегодового стока в створе плотины).

На основании сопоставления водообменности крупных водохранилищ СССР в табл. I-6 приводится соответствующая классификация водохранилищ.

Естественно, что крупные озера-водохранилища по показателям водообменности выходят за рамки приведенной классификации. Например, период смены полного объема Онежского (Верхнесвирского) водохранилища близок к 17 годам, а озера Байкал — примерно к 400 годам. Водообмен неглубоких проточных озер близок к водообмену водохранилищ многолетнего регулирования.

Разработка классификаций водохранилищ по гидрохимическим и гидробиологическим показа-

Таблица I-6

Классификация водохранилищ по водообмену

Градации степени водообменности	*Показатели водообменности в годах и долях года*	*Примеры*	
Очень большая	менее 0,10	Днепродзержинское	0,05
Большая	0,10—0,24	Горьковское	0,16
Значительная	0,25—0,49	Каховское	0,36
Средняя	0,50—0,99	Рыбинское	0,75
Небольшая	1,0—1,99	Братское	1,33
Малая	более 2,0	Бухтарминское	2,84

телям приобретает важное социальное и экологическое значение в связи с истощением и ухудшением качества природной среды.

При типизации водохранилищ по химическому составу воды, его динамике используются многочисленные классификации поверхностных вод суши: по количеству растворенных в воде минеральных веществ, по соотношению между главными группами ионов, по особенностям газового режима (в основном кислорода и углекислого газа), по количественной и качественной характеристикам находящихся в воде органических веществ. В СССР наиболее распространена классификация природных вод, разработанная О. А. Алекиным (1949), согласно которой по минерализации выделяются пресные (до 1,0 г), солоноватые (1—25), морские воды (25—50) и рассолы (выше 50 г солей на 1 л). За немногими исключениями, вода в водохранилищах пресная или слабосолоноватая (в аридных районах). По сочетанию и соотношению основных классов анионов вод суши (гидрокарбонатных, сульфатных и хлоридных) выделяется 27 видов вод, характеризующихся разными свойствами, происхождением и распространением. По этим признакам могут быть классифицированы водохранилища разных природных поясов мира. Отметим, что гидрохимический режим водохранилищ, входящих в состав каскада, особенно на реках, текущих в меридиональном направлении и пересекающих разные природные зоны, формируется при взаимодействии зональных, азональных и интерзональных факторов (Фортунатов, 1970). Для классификации представ-

ляют интерес такие показатели качества, как цвет, прозрачность и интенсивность окрашенности (цветность), которые косвенно характеризуют содержание органических, гуминовых веществ.

В условиях усиливающегося загрязнения водоемов большую практическую важность приобретают классификации водохранилищ по характеру и степени воздействия поступающих в них загрязнений антропогенного происхождения. При этом может быть использован прежде всего критерий трофности и евтрофирования. Евтрофирование рассматривается ныне как процесс нарушения водной экосистемы; различают **дистрофные, олиготрофные, мезотрофные, евтрофные, полиевтрофные** и **гиперевтрофные** водохранилища; последние три класса трофности означают соответствующее (по степени) ухудшение качества вод.

В основу типизации водохранилищ по качеству воды может быть положен и показатель так называемой сапробности, устанавливаемый по характерному видовому составу живого населения вод (бактерий, планктона и бентоса), в соответствии с которым выделяются **олигосапробные** (чистые), **альфа- и бетамезосапробные** (слабо и средне загрязненные) и **полисапробные** (сильно загрязненные) водохранилища или их отдельные участки.

И наконец, отметим, что для водоснабженческих и рекреационных водохранилищ особый интерес представляют классификации, основанные на комплексном учете различных показателей качества воды — химических, биологических и токсикологических (природного и искусственного происхождения). Во многих странах мира предприняты большие усилия для создания универсальных классификаций качества вод.

При классификации водохранилищ по качеству воды перспективны для использования недавно разработанные и принятые странами социалистического содружества (СЭВ) «Единые критерии качества вод» (1982), в основе которых — химические и гидробиологические показатели, в том числе «трофность» и «сапробность». Учитываются пять основных классов показателей: неорганические вещества, органические вещества, неорганические промышленные загрязняющие вещества, органические промышленные загрязняющие вещества, биологические показатели. Выделяется шесть классов качества вод: I — вода **очень чистая;** II — **чистая;** III и IV — **незначительно загрязненная;** V — **сильно загрязненная;** VI — **очень загрязненная.**

Глава вторая

СОЦИАЛЬНОЕ И ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ СОЗДАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ

Проблема обеспечения быстро растущего населения и интенсивно развивающегося хозяйства водой для большинства стран мира становится все более и более актуальной. В ее решении важнейшее значение принадлежит водохранилищам, перераспределяющим сток во времени и пространстве.

Особенно велико значение водохранилищ в улучшении питьевого водоснабжения. Острота этой проблемы такова, что ООН объявила 80-е годы десятилетием питьевого водоснабжения и санитарии. Трудно переоценить социальное значение также таких аспектов использования водохранилищ, как борьба с наводнениями, водное благоустройство городских агломераций, городов и курортных зон и их широкое освоение в рекреационных целях. Немаловажно социальное значение водохранилищ как источников свежей рыбы, особенно в районах, бедных естественными водными ресурсами.

Большие социальные и экономические задачи решают ирригационные и энергетические водохранилища.

Крупные водохранилища вместе с образующими их гидроузлами играют большую роль в совершенствовании инфраструктуры районов их создания и изменении условий жизни населения.

Раскрытию принципиального значения водохранилищ в решении социальных и экономических проблем и посвящена настоящая глава.

I. ЗНАЧЕНИЕ ВОДОХРАНИЛИЩ ДЛЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

В индустриально развитых странах на промышленные и коммунальные нужды ныне расходуется в десятки раз больше воды, чем в начале столетия. Представление о росте водопотребления на земном шаре дается в таблицах II-1 и II-2. Удовлетворять растущее водопотребление крупных городов за счет подземных вод и незарегулированных поверхностных водотоков становится все труднее, поэтому во многих странах мира оно осуществляется в основном из водохранилищ.

Развитие промышленности нередко сдерживается недостатком воды для хозяйственно-питьевого и промышленного водоснабжения: для многих производств, не имеющих оборотной системы водоснабжения, требуются очень большие количества воды: для выплавки 1 т чугуна — 50 куб. м, для производства 1 т черновой меди или никеля — 500, 1 т каучука — 2700 куб. м; современные крупные ТЭС мощностью 2—4 млн. кВт для охлаждения оборудования требуют забора воды 80—160 куб. м/с, что существенно превышает средний расход воды такой, например, реки, как Москва. Еще больше воды требуется для выработки электроэнергии на атомных станциях. На нужды теплоэнергетики приходится наибольший удельный вес промышленного водопотребления (в США — 68%, в Японии — 57, в ФРГ — 54, в СССР — 51%). К 2000 г. доля теплоэнергетики в промышленном водопотреблении увеличится до 70—80% в большинстве стран Западной Европы, Японии, многих районах США, ряде стран Азии, Африки и Латинской Америки.

14. Небольшое водохранилище для промышленного водоснабжения в Австралии



В СССР наиболее остро вопросы водоснабжения стоят на Украине, в Молдавии, Средней Азии, Казахстане, на Урале, в Кузбассе. За последние десятилетия для этой цели были созданы тысячи искусственных водоемов. В настоящее время на земном шаре ежегодно создаются десятки водохранилищ, предназначенных для улучшения водоснабжения промышленных предприятий, отдельных районов, городов (рис. 14).

Накапливая половодный сток, водохранилища круглый год снабжают водой города и промышленные предприятия, как расположенные на их берегах, так и находящиеся на большом расстоянии от них; удешевляют и улучшают условия забора воды насосными станциями водопроводов; уменьшают мутность,

Таблица II-1

Водопотребление на земном шаре (куб. км/год) [1]

Водопотребитель	*1900 г.*	*1950 г.*	*1970 г.*	*1975 г.*	*2000 г.*
Коммунальное хозяйство	20/5	60/11	120/20	150/25	440/65
Промышленность	30/2	190/9	510/20	630/25	1 900/70
Сельское хозяйство	350/260	860/630	1 900/1 500	2 100/1 600	3 400/2 600
Водохранилища[2]	0/0	4/4	70/70	110/110	240/240
Общее (с округлением)	400/270	1 100/650	2 600/1 600	3 000/1 800	6 000/3 000

Таблица II-2

Распределение водопотребления по материкам[1]

	1900 г.		*1970 г.*		*Прогноз на 2000 г.*	
Материки и части света	*куб. км*	*%*	*куб. км*	*%*	*куб. км*	*%*
Европа	40/20	10/7	320/100	12/7	730/240	12/8
Азия	270/200	68/74	1 500/1 130	58/73	3 200/2 000	53/67
Африка	30/25	8/9	130/100	5/7	380/250	6/8
Северная Америка	60/20	15/7	540/160	21/11	1 300/280	22/9
Южная Америка	5/3	1/1	70/50	3/3	300/130	5/4
Австралия и Океания	1/0,6	0/0	23/12	1/1	60/30	1/1
Всего (с округлением)	400/270	100/100	2 600/1 600	100/100	6 000/3 000	100/100

Примечания. [1] В числителе — полное, в знаменателе — безвозвратное водопотребление. [2] На испарение с водного зеркала.
Источник. Мировой водный баланс и водные ресурсы Земли. Л., 1974.

цветность, запах, окисляемость и бактериальную загрязненность воды, что упрощает ее очистку на водопроводных станциях, снижает расход коагулянта и хлора для приведения воды к стандарту; выравнивают сезонные колебания качества и температуры речной воды, благодаря чему водопроводные станции работают более равномерно в течение года.

По качеству воды, специальной подготовке, охранному режиму и другим факторам водохранилища с точки зрения возможности использования их для водоснабжения могут быть подразделены на следующие группы:

I. Водохранилища питьевого назначения. Использование их другими отраслями народного хозяйства не допускается.

II. Водохранилища, созданные в основном для водоснабжения, но используемые одновременно и другими отраслями народного хозяйства.

III. Комплексные водохранилища, где один из компонентов водохозяйственного комплекса — водоснабжение.

IV. Одноцелевые водохранилища. Использование их для водоснабжения не представляется возможным (преимущественно небольшие водохранилища, созданные для целей рекреации и рыбного хозяйства).

2. ЗНАЧЕНИЕ ВОДОХРАНИЛИЩ ДЛЯ БОРЬБЫ С НАВОДНЕНИЯМИ

На протяжении веков население, проживающее на берегах больших и малых рек во всех районах земного шара, не-



15. Наводнение на р. Миссури в США. В бассейне р. Миссисипи пбстроена сложная система противопаводковых дамб и многочисленные водохранилища, которые тем не менее не могут полностью предотвратить наводнения

прерывно ведет борьбу с наводнениями, причиняющими колоссальный ущерб прибрежным районам.

Так, за последние 30 лет наводнения в бассейне р. Миссисипи (рис. 15) причинили ущерб, исчисляемый в несколько миллиардов долларов. Воздействию наводнений в США подвергаются 14 млн. га земли, т. е. территория, равная Бельгии, Нидерландам, Дании и Швейцарии, вместе взятым. Свыше 40% городов США периодически страдают от наводнений. В азиатских странах разливами рек ежегодно уничтожаются посевы на площади почти в 4 млн. га, десятки миллионов людей живут на территориях, ежегодно подверженных наводнениям. Не щадят наводнения и Европу: Рим, Лондон, Париж веками борются с наводнениями, но до сего времени не могут с ними справиться.

В ряде районов СССР частые наводнения наносят ощутимый ущерб народному хозяйству. Больше других наводнениям подвержены Дальний Восток и Закарпатье. Нередки наводнения и на реках Сибири, Средней Азии, Кавказа, центральных и северных районов европейской части СССР.

Наводнения вызываются разными причинами: интенсивным таянием снегов в весеннее время, сильными и продолжительными ливнями, ледяными заторами и зажорами, а также разрушением дамб и плотин. В устьях рек наводнения могут быть вызваны продолжительными и сильными ветрами со стороны моря, в результате чего воды реки подпираются и выходят из берегов. Таким наводнениям подвержены Ленинград, Новый Орлеан, Сан-Франциско и другие города.

В зависимости от характера речной долины и количества воды, стекающей с водосборной площади, уровень воды в реке поднимается в период паводка на высоту до 10—20 м, а иногда и более. Расходы воды в реке увеличиваются по сравнению с меженью в десятки, сотни, а кое-где и в тысячи раз. Поскольку русло реки не может пропустить всю эту массу воды, она разливается по долине вширь на многие километры, затопляя сельскохозяйственные угодья, населенные пункты, дороги, предприятия. Нередко наводнения вызывают гибель людей. Повреждаются хозяйственные объекты, снижается урожайность сельскохозяйственных культур, возникает необходимость освоения новых сельскохозяйственных земель взамен размытых и занесенных песком и илом, погибает скот от бескормицы, простаивают промышленные предприятия, транспорт, сокращаются сроки амортизации зданий и сооружений, подвергающихся систематическому затоплению, прерывается связь, электроснабжение и т. п.

Для оценки эффективности мероприятий, проектируемых для борьбы с наводнениями, необходимы полные и конкретные данные о причиненном ущербе. Ущерб, причиняемый наводнениями, может быть прямым и косвенным. К прямому относится ущерб, связанный с разрушением и повреждением зданий и сооружений, с порчей оборотных средств промышленных и сельскохозяйственных предприятий (сырья, топлива, материалов, полуфабрикатов), с порчей готовой продукции промышленных предприятий, с гибелью урожая и т. п., с расходами, понесенными в период борьбы с наводнениями (сооружение временных дамб, спасение людей, имущества и т. п.), с помощью, оказываемой государством отдельным учреждениям и лицам (денежные пособия, продовольственная помощь, списание налогов и т. п.). При четко налаженном учете подсчет этого ущерба не представляет особых трудностей.

Значительно сложнее учитывать косвенный ущерб, который обусловлен необходимостью освоения новых сельскохозяйственных угодий, неритмичной работой предприятий и снижением выпуска промышленной продукции, невы-

полнением объемов строительных работ, транспортных перевозок, снижением плодородия почвы и т. п. По размерам затопления территории и составу затопляемых объектов можно выделить (Авакян, Шарапов, 1968) четыре категории наводнений: I — небольшие наводнения (затоплением затрагиваются только сенокосные угодья); II — средние наводнения (помимо сенокосных затопляются пахотные угодья и сельские населенные пункты); III — сильные (затоплением частично затрагиваются города, магистральные железные и шоссейные дороги); IV — катастрофические (затопление причиняет большой ущерб городам, магистральным шоссейным и железным дорогам, противопаводковым сооружениям).

Размеры ущерба, причиняемого наводнениями, зависят не только от размеров затопления, но и от ряда других факторов, например времени и продолжительности наводнения, быстроты подъема воды, своевременности прогноза наступления наводнения. Важнейший из факторов для сельскохозяйственных районов — время наводнений. Наводнения одной и той же силы, происходящие весной до начала сева или в июле — августе, вызывают разные ущербы. Нередко сильное наводнение весной или поздней осенью причиняет меньше бедствий, чем среднее или небольшое наводнение, случившееся перед началом уборки урожая или в период уборки. Наводнения, к которым успевают подготовиться (укрепить и нарастить защитные дамбы, эвакуировать оборудование, материалы, скот и т. п.), наносят значительно меньше ущерба, нежели внезапные наводнения. Наибольший ущерб наводнения причиняют в годы, которым предшествовал длительный период без наводнений или с небольшими наводнениями. Это объясняется «потерей бдительности». Повторное наводнение, последовавшее через небольшой промежуток времени, связано с меньшим ущербом, поскольку вторым захватывается в основном уже опустошенная зона.

Известно несколько видов борьбы с наводнениями: создание регулирующих водохранилищ, обвалование приречных территорий, спрямление речного русла в целях ускорения стока паводковых вод, создание в понижениях паводконакопительных водохранилищ, в которые можно отводить излишки воды в период половодья. Там, где паводки относительно незначительны и не приносят больших разрушений, достаточно проведения какого-либо одного из перечисленных мероприятий.

Важная, а иногда и решающая роль в борьбе с наводнениями принадлежит водохранилищам. Создание регулирующих водохранилищ дает возможность на участках рек, расположенных ниже плотин, ликвидировать полностью или частично бедствия, связанные с наводнениями; вовлечь в сельскохозяйственный оборот новые массивы земель и улучшить использование имеющихся сельскохозяйственных угодий; снизить затраты на строительство хозяйственных сооружений в различных отраслях народного хозяйства. Небезынтересно отметить, что в бассейне р. Колумбии (США) для борьбы с наводнениями за специальную плату используют канадские водохранилища.

Выделим следующие группы водохранилищ по возможностям их использования для борьбы с наводнениями:

I. Водохранилища, специально созданные для борьбы с наводнениями. Среди них имеются и селехранилища.

II. Комплексные водохранилища; важнейшее их назначение — борьба с наводнениями. В них предусматривается специальная резервная емкость, которая заполняется только в особо многоводные периоды и быстро опорожняется для принятия возможного повторного паводка.

III. Комплексные водохранилища многолетнего и сезонного регулирования, в той или иной степени влияющие на снижение паводковых расходов. К этой группе принадлежит большинство водохранилищ земного шара.

IV. Водохранилища, не имеющие значения для борьбы с наводнениями (все водохранилища недельного и суточного регулирования).

3. ЗНАЧЕНИЕ ВОДОХРАНИЛИЩ ДЛЯ РЕКРЕАЦИИ

В организации отдыха особая роль принадлежит водоемам. Занятия разнообразными видами отдыха и спорта

16. Очень популярны в СССР путешествия на туристских теплоходах по Волге, Каме, Дону. Теплоход «Александр Пушкин» на Саратовском водохранилище



(плавание, гребля, катание на яхтах, катерах, водных лыжах, рыбная ловля и т. п.), эстетическое воздействие живописных береговых ландшафтов, смена впечатлений (рис. 16) — все это в комплексе позволяет считать водоемы природными лечебницами. Большая часть рекреационных учреждений и почти все зоны кратковременного отдыха населения располагаются непосредственно на берегах водоемов либо вблизи них.

Рекреационное использование водохранилищ (Авакян, Яковлева, 1973) представляет особенный интерес в силу следующих причин:

— во многих районах, в особенности бедных естественными водоемами, водохранилища повышают рекреационную ценность и емкость ландшафтов и иногда становятся ядром, формирующим такие ландшафты;

— большинство водохранилищ комплексного назначения создаются вблизи городов; многие города находятся непосредственно на их берегах; небольшие водохранилища рекреационного назначения могут создаваться даже в пределах городских территорий. По расчетам, произведенным в Институте водных проблем АН СССР, на берегах водохранилищ в нашей стране проживает более 27 млн. человек городского населения и около 50 млн. человек — в пределах двухчасовой доступности от водохранилищ, т. е. примерно 60% жителей городов имеют возможность пользоваться водохранилищами для кратковременного отдыха;

— водохранилища могут быть запроектированы и созданы с учетом требований рекреации;

— специальные водохранилища для рекреационных целей могут создаваться в наиболее благоприятных ландшафтно-климатических условиях;

— водохранилища комплексного и целевого назначения, создаваемые в горных или северных районах, имеют хорошие подъездные пути, поэтому их легче и проще использовать в рекреационных целях, чем озера (рис. 17);

— при наличии баз стройиндустрии и квалифицированных кадров строительство на берегах водохранилищ гостиниц, турбаз, санаториев, домов отдыха, специальных дорог, пристаней и т. п. может осуществляться более качественно, в кратчайшие сроки и со значительно меньшими капитальными вложениями;

— после завершения строительства гидроузлов для целей рекреации могут быть использованы поселки строителей, соответственно переоборудованные или заранее спланированные.

Значительная длина береговой линии водохранилищ в ряде стран мира существенно увеличивает роль рекреации. В США она превышает длину береговой линии морей в 3 раза. В СССР суммарная длина береговой линии водохранилищ свыше 80 тыс. км.

В ряде случаев создание водохранилищ вызывает и отрицательные последствия: затопление и подтопление минеральных источников, санаториев, домов отдыха, памятников архитектуры и других объектов, представляющих большую ценность для организации отдыха населения, а также ухудшение условий отдыха (затрудняется использование пляжей, лодочных станций) на участках рек в нижних бьефах гидроузлов из-за резких суточных и недельных колебаний уровня, снижения температуры воды (там, где она становится ниже 17°, массовое купание исключается).

Масштабы рекреационного использования озер, рек и водохранилищ за последние 20 лет увеличиваются в индустриально развитых странах на 10—15% в год. Постоянному росту числа отдыхающих на водохранилищах способствуют, в частности, ежегодно возрастающие инвестиции в рекреационную отрасль.

Представляя большие возможности для организации отдыха населения, водохранилища в то же время нуждаются



17. Отдыхающих привлекают экзотические уголки на берегах водохранилищ. Лодочная пристань на водохранилище Мид, США

в охране, как и все другие природные объекты. Для этого разрабатываются оптимальные и предельные нормы нагрузок на акваторию и ландшафт в прибрежной зоне водохранилищ. Наличие подобных норм облегчает планирование их рекреационного использования, позволяет точнее определить, для каких видов отдыха и спорта они подходят по своим параметрам и гидрологическому режиму.

Эти нормы различаются по странам и отдельным районам. Например, в США, по разным нормам, считается, что на одну весельную лодку надо иметь от 0,4 до 2,0 га водной поверхности, на моторную и парусную — от 1,2 до 8 га, на водные лыжи (на одну группу) — от 4 до 16 га (для проведения соревнований). По разным нормам в разных странах, необходимо иметь на одного купающегося от 4,6 до 23 кв. м водной поверхности и от 20 до 46 кв. м пляжа и около 300 кв. м на 1 человека прибрежной территории. В некоторых европейских странах, где внутренних водоемов недостаточно, эти нормы существенно снижены.

Водохранилище с площадью зеркала 500 га и выше отвечает всем требованиям, предъявляемым к водоемам, используемым для спортивных тренировок и проведения соревнований.

Оптимальное использование в рекреационных целях акватории и прибрежной зоны водохранилищ возможно лишь при удовлетворении требований рекреации к режиму уровней. Эти требования сводятся в основном к необходимости поддержания постоянного или близкого к нему уровня водохранилища. Американские исследователи считают, что в период наибольшего посещения водохранилищ отдыхающими колебания уровня не должны превышать 30—60 см. Требования рекреации не всегда могут быть в полном объеме удовлетворены на водохранилищах комплексного назначения, и тогда рекреационный потенциал водоемов используется не в полной мере.

В капиталистических странах рекреационное использование водохранилищ приносит значительный доход, в ряде случаев превышающий доходы от других видов их использования.

Рекреационная ценность крупных водохранилищ и их отдельных участков характеризуется группой разнородных факторов, таких, как тип ландшафта, форма, глубина, площадь водного зеркала, уклон берегов, температура воды, удаленность от крупных городов, обеспеченность транспортной сетью и т. д.

Условия отдыха во многих случаях существенно ухудшаются из-за загрязнения воды промышленными, транспортными и хозяйственно-бытовыми стоками, отходами предприятий горнодобывающей и других отраслей промышленности.

К числу неблагоприятных условий для организации отдыха также относятся: цветение воды, интенсивная переработка берегов, в особенности на крупных водохранилищах, затрудняющая размещение в прибрежной полосе учреждений отдыха и подступы к воде (высота обрывов достигает в ряде случаев 30—40 и более метров).

По условиям использования для отдыха выделяются следующие группы водохранилищ (Авакян, Яковлева, 1970):

I. Водохранилища, специально созданные в рекреационных целях и практически полностью доступные для всех видов отдыха.

II. Водохранилища комплексного назначения, рекреационный потенциал которых используется не в полной мере в связи с недостаточно благоприятным режимом уровней воды в период массового отдыха.

III. Водохранилища, использование которых возможно лишь для отдельных видов отдыха или на отдельных участках (водоснабженческие, водохранилища в высокогорных и северных районах и т. п.).

IV. Одноцелевые водохранилища, рекреационное использование которых невозможно (небольшие водохранилища





питьевого и рыбохозяйственного назначения, а также ирригационные водохранилища с очень быстрой и глубокой сработкой).

4. ЗНАЧЕНИЕ ВОДОХРАНИЛИЩ ДЛЯ ИРРИГАЦИИ

Водохранилища оказывают как положительное, так и отрицательное влияние на сельское хозяйство, которое во многих странах мира испытывает значительные затруднения из-за недостатка воды, особенно в засушливые годы. Даже в богатых осадками экваториальных районах в определенные периоды ощущается недостаток воды. Так, в отдельные годы в некоторых районах бассейна р. Конго гибнут плантации какао из-за того, что вместо обычных 1500 мм осадков выпадает лишь 700—800 мм. В районе Батуми (СССР) с годовой суммой осадков 2400 мм цитрусовые культуры все же испытывают недостаток воды в апреле.

В начале XX в. на земном шаре орошалось около 40 млн. га. В настоящее время площадь орошаемых земель составляет свыше 300 млн. га, из них более 160 млн. га орошено за последние 25 лет. Представление о площади орошаемых земель на земном шаре дает табл. II-3. Примерно 60% всех орошаемых площадей сосредоточено в Китае, Индии, США и СССР. Сейчас орошение развивается в большинстве стран Западной Европы.

Таблица II-3

*Площади орошаемых земель (млн. га)**

Континент или часть света	*1900 г.*	*1950 г.*	*1985 г.*	*2000 г.*
Европа	3,5	10	30	45
Азия	30	65	220	300
Африка	2,5	5	12	18
Северная Америка	4	13	32	35
Южная Америка	0,5	3	10	15
Австралия и Океания	0	0,5	2,2	3
Вся суша (округленно)	40	96	310	420

* Источник. Мировой водный баланс и водные ресурсы Земли. Л., 1974.

На поливных землях, составляющих около 15% обрабатываемой площади земного шара, производится более половины всей сельскохозяйственной продукции. Считается, что систематическое орошение необходимо в тех районах, где при высокой испаряемости годовое количество осадков меньше 250—300 мм. При большем их количестве достаточно периодического орошения, например, во время засушливых лет или в отдельные месяцы тех лет, когда не обеспечена средняя норма осадков. Систематическое орошение здесь требуется только для влаголюбивых культур.

В зависимости от почвенных, климатических, орографических, хозяйственных условий в отдельных странах и районах производится сплошное, разреженное или выборочное орошение. При сплошном орошении полив производится на всех обрабатываемых землях, при разреженном поливаются крупные, но разобщенные массивы, при выборочном — отдельные небольшие участки.

Значительное увеличение площади орошаемых земель для выращивания хлопка, риса, других зерновых и технических культур невозможно без обеспечения их водными ресурсами, что требует регулирования стока рек. Создание водохранилищ позволяет заметно увеличить размеры орошаемой площади за счет более полного и рационального использования поверхностного стока, подавать воду на поля в нужном количестве в соответствии с оптимальными сроками полива, увеличить подкомандные площади самотечного орошения, снизить затраты на подкачку воды при машинном орошении (рис. 18).

18. Водозабор на берегу Каховского водохранилища для подачи по Северо-Крымскому и Краснознаменскому каналам на орошение

19. Небольшое ирригационное водохранилище Берембед на р. Маррамбиджи (Австралия)



20. Азатское водохранилище с водозабором ирригационной системы (Араратская долина в Армении, СССР)

Регулирование стока водохранилищами необходимо и потому, что потребности орошаемых земель в воде существенно изменяются в разное время года и в годы различной водности. Так, например, оросительные нормы для овощных культур в северных областях европейской части СССР изменяются в пределах 1000—2500 куб. м/га, для зерновых культур в южных областях — 2700—3500 куб. м/га, для хлопчатника — 6500—10 000 куб. м/га; рис требует до 22 000 куб. м/га и более. Различается и количество поливов для разных культур. Для яровой пшеницы требуется от 2 до 5 поливов в вегетационный период, для сахарной свеклы — от 2 до 12 поливов. Длительность одного полива составляет от 5 до 12—15 дней. Неодинакова и потребность в воде в разные периоды жизни растений. Так, для поливов хлопчатника в Средней Азии расходуют за декаду следующие количества воды: до бутонизации — 300 куб. м/га, в период бутонизации — 400—500 куб. м/га, в период цветения — 800 — 900 куб. м/га, в период созревания — 400 куб. м/га. Суммарные расходы в период полива могут изменяться в отдельные дни до 5—7 раз. В некоторые дни поливы не нужны вовсе.

Водохранилища по их значению для ирригации целесообразно подразделить на следующие группы:

1. Ирригационные и комплексные водохранилища в южных засушливых странах (рис. 19, 20). Их назначение — повышение водообеспеченности существующих орошаемых массивов и создание возможности для вовлечения в сельскохозяйственный оборот новых массивов плодородных земель. Эти водохранилища подразделяются на три подгруппы:

а) водохранилища многолетнего и сезонного регулирования стока;

б) водохранилища, не регулирующие сток, но создаваемые в низовьях и средних течениях рек для поддержания постоянного уровня воды, обеспечивающего нормальный водозабор в ирригационные системы;

в) наливные водохранилища, создаваемые в понижениях рельефа вблизи трасс ирригационных каналов (служат для регулирования расходов воды на их отдельных участках) или вблизи рек в качестве резервных емкостей.

2. Комплексные водохранилища в районах с неустойчивым увлажнением. Из этих водохранилищ вода на ирригационные нужды забирается в отдельные засушливые периоды.

3. Комплексные водохранилища, намечаемые к созданию в разных странах для переброски больших масс воды из районов с избыточным стоком в засушливые районы.

21. Крупный энергетический гидроузел в США



5. ЗНАЧЕНИЕ ВОДОХРАНИЛИЩ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИКИ

Развитие современной энергетики немыслимо без создания водохранилищ. В них нуждаются как гидравлические (ГЭС) и гидроаккумулирующие (ГАЭС), так и тепловые (ТЭС) и атомные (АЭС) электростанции.

Строительство гидроэлектростанций явилось основой для решения проблем, связанных с комплексным использованием водных ресурсов. Наличие крупных и практически мало использованных гидроэнергетических ресурсов, значительный дефицит топливно-энергетического баланса в большинстве стран мира, преимущества гидроэлектростанций делают экономически выгодным и энергетически целесообразным обеспечение определенного (не менее 10—15%) удельного веса гидроэлектростанций в развивающихся энергосистемах.

Для использования потенциальных гидроэнергетических ресурсов рек требуется создание перепада уровней воды, поскольку естественных перепадов (водопадов) в природе очень мало. Сооружение большинства гидроэлектростанций связано с созданием больших или меньших по напору гидроузлов, что приводит к образованию разных по площади и объему водохранилищ. Это важнейшая, но не единственная причина создания водохранилищ гидростанций (рис. 21).

Большинство гидроэнергетических водохранилищ осуществляют суточное и недельное регулирование стока, а сезонное и многолетнее регулирование — только наиболее крупные водохранилища. При отсутствии регулирующих водохранилищ гидроэлектростанции вырабатывали бы электроэнергию не в соответствии с требованием энергетических систем, а в зависимости от водности реки в тот или иной период. Поскольку расходы воды в реках в разное время года меняются десятки и сотни раз, гидроэлектростанции без регулирующих водохранилищ также меняли бы свою мощность и выработку.

Кроме того, при использовании гидроэнергоресурсов без регулирующих водохранилищ чрезвычайно трудно выбрать установленную мощность станции. Если бы мощность станции рассчитывалась в соответствии с максимальными расходами, то большую часть года многие агрегаты простаивали бы из-за недостатка воды. И действительно, для гидроэлектростанций, не имеющих регулирующих водохранилищ, характерны низкие коэффиценты использования стока, нередко не превышающие 0,1 —0,2. Поэтому экономическая эффективность таких станций обычно низка, а их энергетические возможности весьма невелики.

Таким образом, неравномерность естественного стока служит второй причиной создания водохранилищ. Регулирование ими стока позволяет развить установленную и увеличить гарантированную мощность ГЭС, общую выработку энергии и степень энергетического использования стока, что повышает народнохозяйственный эффект использования гидроэнергоресурсов.

Помимо природных предпосылок, вызывающих необходимость создания водохранилищ для гидроэлектростанций, имеются технические и экономические предпосылки. Как известно, потребление электроэнергии отличается значительной неравномерностью как в течение суток и недели, так и в течение года. Несовпадение во времени бытовых расходов воды в реке с графиком нагрузки энергосистемы может быть устранено или ослаблено только путем регулирования речного стока, т. е. перераспределения его между отдельными годами, сезонами, днями недели и часами суток.

Основное назначение гидроэлектростанций в современных энергосистемах — участвовать в покрытии пиков суточной нагрузки энергосистем. Разница максимальной и минимальной нагрузки суточного графика во всех энергосистемах с каждым годом значительно



22. Красноярское водохранилище на Енисее, обеспечивающее стабильную работу одной из крупнейших в мире гидроэлектростанций

возрастает, и в некоторых энергосистемах она составляет 10—20 млн. кВт. Покрытие пиков графиков нагрузки тепловыми электростанциями не всегда возможно и целесообразно по техническим и экономическим причинам. Частое чередование глубокой разгрузки и полной нагрузки тепловых агрегатов сокращает срок службы оборудования, увеличивает частоту и объем ремонтных работ, повышает аварийность, существенно увеличивает удельный расход топлива на производство электроэнергии.

Агрегаты гидроэлектростанции быстро (в течение 1 минуты) и легко воспринимают нагрузку энергосистем. Возможный диапазон регулирования мощности гидроэлектростанций обычно близок к их полной установленной мощности. Гидроэлектростанции с водохранилищами выполняют также функции аварийного резерва в энергосистемах, роль которого непрерывно возрастает с увеличением единичной мощности агрегатов тепловых станций и непрерывным развитием мощных линий электропередачи (ЛЭП). Величина резерва энергосистемы, который целесообразно разместить на ГЭС, зависит в первую очередь от удельного веса ГЭС в энергосистеме и регулирующей емкости водохранилищ. Насколько значителен общий энергетический резерв ГЭС, видно хотя бы из того, что запас воды, содержащийся в водохранилищах Волжско-Камского каскада, эквивалентен 14,4 млрд. кВт · ч электроэнергии. Гидроэлектростанции с водохранилищами сезонного и многолетнего регулирования представляют энергетический резерв, не требующий никаких дополнительных капиталовложений и эксплуатационных затрат.

Из сказанного следует, что наличие в энергосистеме гидростанций с водохранилищами создает условия для работы тепловых электростанций в оптимальных для них режимах, что дает большой хозяйственный эффект.

Многолетнее регулирование стока водохранилищами энергетического назначения имеет особенно большое значение для тех энергосистем, в которых преобладают гидроэлектростанции. Такие водохранилища регулируют работу не только своей гидроэлектростанции, но и других ГЭС, входящих в энергосистему (рис. 22).

Поскольку на реках создаются не изолированные гидроэлектростанции, а каскады ГЭС и водохранилищ, между гидроэлектростанциями, построенными в бассейне одной реки, возникают не только электрические, но и водохозяйственные взаимосвязи. Создание регулирующих водохранилищ повышает гарантированную мощность и выработку не только собственной станции, но и нижерасположенных ГЭС.

В некоторых случаях ниже плотины гидроэлектростанции создают специальное контррегулирующее водохранилище для перерегулирования расходов по иному, не энергетическому графику в интересах разных отраслей хозяйства.

Наличие в энергосистемах гидроэлектростанций с регулирующими водохранилищами повышает надежность этих энергосистем в эксплуатации и делает их менее подверженными авариям. В случае же аварии энергосистемы, где имеются гидроэлектростанции, могут восстановить энергоснабжение быстрее, чем системы, которые располагают только тепловыми электростанциями. Естественно, что, чем выше регулирующая способность водохранилищ гидроэлек-

тростанций, тем больше их значение в энергосистемах.

Производство электроэнергии в большинстве стран мира каждые 7—10 лет удваивается. Свыше 80% электроэнергии во всем мире, в том числе и в СССР, вырабатывается тепловыми электростанциями. Для их работы требуется большое количество воды, в среднем 35—40 куб. м/с на 1 млн. кВт установленной мощности, поэтому при выборе места их строительства важно наличие водоемов. Крупные тепловые электростанции могут располагаться на берегах больших рек, водохранилищ, озер, или для их работы нужно создавать специальные довольно значительные водохранилища, что требует больших капиталовложений.

Воздействие тепловых и атомных электростанций на гидрологический и биологический режимы водохранилищ многообразно и обусловлено: 1) травмированием организмов при прохождении ими агрегатов станции вместе с охлаждающей водой, 2) поступлением со сбрасываемой водой добавочного тепла, повышающего температуру воды водохранилищ, и 3) внесением загрязнений со сбросными водами.

Повышение температуры до 20—25° сказывается положительно на жизнедеятельности организмов, стимулируя их рост и размножение, повышение до 30° и более подавляет развитие основных форм гидробионтов.

Непрерывный поток подогретой воды усиливает течение, которым сносится планктон, изменяются условия обитания не только планктона, но и зообентоса из-за размыва этим потоком грунтов, нарушается кислородный режим, вода загрязняется нефтепродуктами, солями тяжелых металлов, кислотами и щелочами, а через атмосферные выбросы — золой, окислами серы, азота и др. Вместе с тем если тепловые сбросы поступают в придонные слои, тепловой режим водоема и циркуляция водных масс в некоторых случаях могут быть улучшены. Положительно может оцениваться и отсутствие ледового покрова зимой или уменьшение его длительности, поскольку это улучшает кислородный режим водоема.

Все сказанное свидетельствует о необходимости рационального размещения ТЭС и АЭС, о важности выбора системы водоснабжения тепловых электростанций и о разработке или совершенствовании технологических процессов по утилизации теплых вод в хозяйстве. В настоящее время изучается возможность использования тепловых вод для орошения сельскохозяйственных культур, водоснабжения животноводческих ферм, обогрева открытого грунта, выращивания на корм рыбам зеленых водорослей и разведения рыб в бассейновых и садковых хозяйствах.

Учитывая, что в наиболее развитых промышленных странах к 1990—2000 гг. на охлаждение тепловых электростанций будет использоваться около 10% водных ресурсов, можно представить, какое большое хозяйственное и экологическое значение имеет строительство тепловых электростанций на берегах водохранилищ.

Гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС), строительство которых широко развернулось в последние десятилетия, также предъявляют особые требования к водным ресурсам водохранилищ.

Основные элементы ГАЭС — два бассейна-водохранилища, верховой и низовой, расположенные на разных уровнях, в пределах от нескольких десятков до 200 м; здание гидроэлектростанции с обратимыми агрегатами, работающими попеременно в насосном и турбинном режимах, трубопроводы, соединяющие оба бассейна со зданием гидроэлектростанции. В период ночных провалов нагрузок в энергетической системе энергия тепловых и атомных электростанций используется агрегатами, работающими в насосном режиме для подкачки воды из низового бассейна в верховой. В период же пика нагрузок вода из верхового бассейна сбрасывается в низовой, и ГАЭС питает энергосистему.

На большинстве эксплуатируемых гидроаккумулирующих станций низовые и верховые бассейны построены специально. Низовой — в русле реки путем строительства небольшой плотины, верховой — путем выемки и обвалования, как правило, по всему периметру бассейна. По мере развития ГАЭС и увеличения их установленной мощности (до 2 млн. кВт) предполагается использовать

в качестве низовых бассейнов естественные озера и водохранилища.

Одна из проблем, возникающих при эксплуатации ГАЭС, — их влияние на окружающую среду, и прежде всего на низовой бассейн. Забор в течение суток десятков миллионов кубометров воды в верховой бассейн и сброс этой воды снова в водохранилище оказывают существенное влияние на режим уровней, течения, а следовательно, и на все гидрологические процессы в водоеме. Значительная ежесуточная амплитуда колебаний уровня водоемов активизирует процессы переработки берегов, влияет на условия нереста и нагула рыбы, на внутриводоемную растительность, качество воды, на состояние и условия использования пляжей.

Естественно, что, чем крупнее водохранилище, тем меньше меняются природные условия при использовании его в качестве низового бассейна ГАЭС. Использование же в качестве низовых бассейнов ГАЭС небольших водохранилищ и естественных озер существенно влияет на их экосистему и хозяйственное использование.

6. ЗНАЧЕНИЕ ВОДОХРАНИЛИЩ ДЛЯ РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА

Развитие промышленности, сельского хозяйства, а также преобразование режима рек водохранилищами — все это оказывает влияние на рыбное хозяйство внутренних водоемов.

Жизнь наиболее ценных для промысла проходных и полупроходных рыб теснейшим образом связана с реками. Время пребывания в реке от момента входа в устье для прохода к местам нереста и до ската молоди в море составляет для некоторых видов проходных рыб 15—20 месяцев.

Будучи важнейшим источником органических веществ, реки имеют важное значение в воспроизводстве рыбных запасов озер и приустьевых участков морей. Перераспределение водохранилищами речного стока во времени и по территории нарушает сложившиеся тысячелетиями условия существования и размножения рыб. Изменения претерпевают гидрологический, термический, гидрохимический и гидробиологический режимы. Изменяются условия передвижения, размножения и питания рыб.

Помимо гидростроительства на запасы рыбы во внутренних водоемах оказывают влияние сброс неочищенных или недостаточно очищенных сточных вод, ирригация, лесосплав, водный транспорт и некоторые другие отрасли хозяйства, а также неправильное ведение рыболовства и браконьерство.

Отдельные крупные водохранилища, и в особенности их каскады, заметно перераспределяют сток в низовьях рек между сезонами года. Изменения в режиме половодья вызывают сокращение нерестовых площадей, несвоевременное образование полоев (временных водоемов), пригодных для нереста, гибель икры и производителей на нерестилищах, совмещение сроков и мест икрометания разных видов рыб, сокращение сроков пребывания молоди на местах нагула и преждевременное скатывание ее с нерестилищ. Отрицательные последствия зарегулирования стока рек водохранилищами особенно заметны в маловодные годы. Для сохранения стада производителей проходных рыб следует обеспечить использование нерестилищ, расположенных выше плотин гидроузлов. В этом отношении большое значение имеют рыбоходы и рыбоподъемники. Успешно работают рыбоподъемники для осетровых на р. Волге и рыбоходы для пропуска лососевых рыб на реках Туломе, Колумбии и др. Эффективна также перевозка в специальных судах (рыбонакопителях) рыбы, скапливающейся в нижних бьефах гидроузлов.

Особого внимания заслуживают положительные последствия создания крупных водохранилищ. Значительно увеличиваются площади водного зеркала, уловы рыбы возрастают во много раз по сравнению с уловами на этих же участках реки до зарегулирования стока. Создаются условия для организации новых прогрессивных форм ведения рыбного хозяйства с направленным формированием промыслового стада из молоди осетровых рыб, сигов, леща, судака, сазана и др., а также акклиматизацией норильской нельмы, пеляди, радужной форели, толстолобика, белого амура и других ценных видов рыб.

Располагаясь в промышленных рай-

23. Водохранилище Антонивановци на р. Арде в Болгарии. У берега — садковое рыбное хозяйство



онах, водохранилища имеют важное значение для увеличения местных рыбных ресурсов, снабжают население крупных городов живой и охлажденной рыбой. Значительно высвобождается транспорт от перевозки рыбы из дальних районов большого рыболовства. Производительность труда рыбаков на водохранилищах заметно выше, чем на реках, что объясняется прочной сырьевой базой и оснащенностью промысла высокопроизводительными орудиями лова.

Специфические условия для развития рыбного хозяйства в водохранилищах создает уровенный режим, влияние которого сказывается на нересте, зимовке и кормовой базе рыбы. Рыбопродуктивность водохранилищ используется еще далеко не достаточно, и они не приобрели должного значения в снабжении населения рыбой.

Улучшение рыбного хозяйства на водохранилищах предусматривает проведение ряда мер, многие из которых быстро окупаются: строительство рыбоводных заводов и рыбопитомников, нерестово-выростных хозяйств (НВХ) и организация в заливах водохранилищ товарных рыбных хозяйств для выращивания наиболее быстро растущих рыб (карпа, пеляди, рипуса, нельмы, чира, толстолобика, амура и др.), в т. ч. в садках (рис. 23). Невысокая эффективность существующих НВХ объясняется тем, что молодь выпускают из шлюзов прямо в реки или из каналов в водохранилища. Большое количество ее уничтожается хищниками или гибнет из-за недостатка пищи. Молодь из НВХ надо вывозить и дисперсно рассеивать по мелководьям водоемов. Большие перспективы сулит акклиматизация растительноядных рыб. Необходимо также укреплять материально-техническую базу рыбной промышленности на водохранилищах.

Своевременное и качественное осуществление перечисленных рыбохозяйственных мероприятий даст возможность значительно повысить рыбопродуктивность существующих и создаваемых водохранилищ. Например, расчеты показывают, что при рациональном ведении рыбного хозяйства на водохранилищах СССР может быть ежегодно получено до 1,5—2 млн. ц рыбы.

Итак, создание водохранилищ, с одной стороны, нарушает условия воспроизводства и жизни проходных и полупроходных рыб, а с другой — создает благоприятные возможности для увеличения ресурсов местных рыб. Классификация водохранилищ по их влиянию на рыбное хозяйство должна учитывать оба фактора. Выделим следующие группы водохранилищ:

I. Комплексные и отраслевые водохранилища, не нарушающие условия воспроизводства и жизни проходных и полупроходных рыб (водохранилища, создаваемые на реках, не имеющих рыбохозяйственного значения, или же водохранилища, создаваемые в верховьях рыбохозяйственных рек).

II. Комплексные и отраслевые водохранилища, несущественно изменяющие условия воспроизводства и жизни проходных и полупроходных рыб (водохранилища, создаваемые на реках, не имеющих большого рыбохозяйственного значения, а также некоторые водохранилища на верхних участках рыбохозяйственных рек).

III. Комплексные и отраслевые водохранилища, оказывающие влияние на рыбные ресурсы (водохранилища на средних и нижних участках рек, имеющих большое рыбохозяйственное значение).

IV. Комплексные и отраслевые водохранилища, подрывающие дальнейшие возможности рыбного хозяйства в бассейне реки (водохранилища в низовьях рек, плотины которых отрезают практически все нерестилища проходных рыб, а перерегулирование стока нарушает условия воспроизводства полупроходных).

24. Водохранилища сделали судоходной р. Влтава (Чехословакия). Судоходный шлюз гидроузла Вране



7. ЗНАЧЕНИЕ ВОДОХРАНИЛИЩ ДЛЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА

Относительно небольшая доля речного транспорта в общем грузообороте стран объясняется сезонностью его работы, несовпадением направлений внутренних водных путей и грузопотоков, ограниченностью речных бассейнов, как правило, малыми глубинами на незарегулированных участках, «ступенчатостью» глубин в пределах одного и того же бассейна, наличием перекатов и порожистых участков с большими скоростями течения, неустойчивостью судовых фарватеров и другими причинами.

Устранить перечисленные недостатки внутренних водных путей можно лишь посредством строительства гидроузлов, каналов и создания больших водохранилищ (рис. 24). Для речного транспорта важно, чтобы строительство гидроузлов начиналось в верховьях рек, это позволит увеличить судоходные глубины на наиболее мелководных их участках как за счет создания подпора, так и путем специальных навигационных попусков в нижние бьефы.

Иногда в интересах речного транспорта строительство гидроузлов предпочтительно начинать на том участке реки, где имеются пороги, мешающие судоходству.

Нередко на приплотинных и средних участках водохранилищ глубины в несколько раз превышают необходимые для судоходства, тогда судовой ход прокладывают не по руслу реки, а практически по любой трассе. За счет спрямлений длина судового хода по водохранилищам по сравнению с длиной хода по реке сокращается в среднем на 5—15%.

С созданием водохранилищ в несколько раз увеличиваются ширина судового хода и радиусы закругления. Это дает возможность повысить на 10—15% скорость движения судов.

Водохранилища служат эффективным, а иногда и единственным средством улучшения сети водных путей. Так, создание многих судоходных каналов стало возможным лишь благодаря строительству гидроузлов (рис. 25).

Создание водохранилищ и регулирование ими стока имеют для водного транспорта и неблагоприятные последствия. Часть из них носит временный характер и исчезает по мере создания последующих гидроузлов и водохранилищ, часть же остается навсегда: усиление ветра и увеличение волны, потеря времени на шлюзование. В северных районах к ним прибавляются ранний ледостав и позднее освобождение водохранилищ ото льда.

Значительны потери времени на проход судов через шлюзы: в среднем каждое шлюзование занимает не менее 30 мин. Иногда у шлюзов образуются очереди из судов, и тогда грузовые суда, уступая место пассажирским, теряют по нескольку часов.

Длительность ледостава на некоторых водохранилищах несколько больше, чем на незарегулированных участках. Однако с созданием водохранилищ появилась реальная возможность организации круглогодичной навигации с использованием ледоколов. Ледокольный флот продлил навигацию на водохранилищах Волги и Камы в среднем на 15 суток. Длительность навигации на водохранилищах увеличилась еще и потому, что в осенний период на реках (до их зарегулирования) из-за маловодья и более интенсивного льдообразования движение заканчивалось значительно раньше ледостава.

Серьезные осложнения в работу речного флота вносят резкие и значительные суточные и недельные колебания расходов и уровней воды в нижних бьефах ГЭС, приводящие или к недогрузу судов, или же к нарушению графиков движения, поскольку суда подолгу простаивают в ожидании нормируемых глу-



25. Грузовые суда на Горьковском водохранилище — очень грузонапряженном участке Единой глубоководной воднотранспортной системы европейской части СССР

бин. Особенно велики затруднения водного транспорта из-за недельного регулирования. С уменьшением попусков в выходные дни (из-за спада нагрузки на агрегаты ГЭС) резко снижаются глубины. Отрицательное влияние суточных и недельных колебаний расходов проявляется также в резком переформировании перекатов и быстрой заносимости судовых ходов.

Работа водного транспорта осложняется и в периоды перекрытия русла и первоначального заполнения водохранилищ. При перекрытии русла сквозное судоходство прекращается на несколько дней или недель. В исключительных обстоятельствах судоходство приостанавливается и на более длительное время, и грузы транспортируются по берегу. Изъятие значительных объемов стока на первоначальное заполнение водохранилищ приводит к временному снижению расходов воды в нижнем бьефе, и тогда судоходство испытывает большие затруднения. Работу речного транспорта осложняют и отдельные нарушения уровенного режима.

Несмотря на некоторые отрицательные последствия гидростроительства, преобразование режима рек водохранилищами в целом имеет положительное значение для развития речного транспорта в последние десятилетия и будет иметь не меньшее значение в будущем.

Положительные факторы создания водохранилищ для речного транспорта на большинстве рек земного шара превосходят отрицательные. Себестоимость перевозок грузов по водохранилищам по сравнению с себестоимостью перевозок по реке уменьшается в 1,5—5 раз, а капиталовложения в речной транспорт — в 1,2—3 раза.

8. ЗНАЧЕНИЕ ВОДОХРАНИЛИЩ ДЛЯ ЛЕСОСПЛАВА

Перевозки леса по рекам имеют большое значение в хозяйстве многих стран. Превращение рек в каскады водохранилищ и зарегулирование их стока существенным образом изменяют условия лесосплава.

Положительные последствия зарегулирования стока для лесосплава заключаются в увеличении глубины и ширины судового хода и радиуса закругления, а следовательно, и сплавопропускной способности рек (благодаря созданию Камского водохранилища сплавопропускная способность Камы возросла вдвое); в обеспечении более постоянных уровней в период навигации; в возможности укрупнения сплоточно-формировочных рейдов, что позволяет повысить механизацию и автоматизацию рейдовых работ. Большое значение для улучшения работ по сплотке леса имеет снижение

бытовых скоростей течения на притоках в местах выклинивания подпора. Зарегулирование стока привело к ликвидации молевого сплава, при котором происходят большие потери древесины, и создало возможности для перехода на транспортировку леса в кошелях, плотах и грузовых судах, а также для вовлечения в эксплуатацию новых лесных районов благодаря образованию водных путей по рекам, бывшим прежде непригодными для лесосплава.

Отрицательные последствия зарегулирования стока для лесосплава заключаются в более трудных ветроволновых условиях, в сокращении продолжительности навигации, в снижении скоростей течения (имеет значение для рек, по которым лес сплавляется вниз по течению), в резком суточном и недельном колебании уровней воды в нижних бьефах гидроэлектростанций.

Утяжеление ветроволновых условий приводит к потерям времени на отстой плотов в убежищах в период волнения силой более 6—7 баллов и к уменьшению скорости передвижения при ветрах меньшей силы.

И все же условия лесосплава на крупных водохранилищах легче, чем на больших озерах. В силу чередования озерных и речных участков и общей конфигурации водохранилищ, сохраняющих в плане извилистость речного русла, длина резгона волны на них, как правило, меньше, чем на озерах такой же площади. Волновой режим водохранилищ приближается к режиму больших озер лишь в редких случаях.

Увеличение глубины и ширины судового хода позволяет буксировать плоты с большей осадкой (в ряде случаев до 3,5 м), а также делает экономичной перевозку леса на судах большой грузоподъемности.

Таким образом, зарегулирование стока рек водохранилищами, и особенно строительство их каскадов, создает совершенно новые условия для лесосплава. Продуманная организация лесосплава на водохранилищах ныне позволяет свести до минимума отрицательные последствия зарегулирования рек и максимально использовать положительные.

По мере увеличения количества ступеней каскада возрастает значение положительных последствий зарегулирования стока, а отрицательные ослабевают, так как увеличивается протяженность участков с большими единообразными глубинами, с большой шириной судового хода и более постоянными уровнями на всем протяжении сплава.

Весьма перспективна перевозка леса в судах; при этом практически полностью ликвидируется аварийность, потери древесины и засорение ею водохранилищ, что чрезвычайно важно для дальнейшего массового развития скоростного судоходства; в 5—7 раз увеличивается скорость доставки леса, в том числе и вверх по течению и в морские порты, минуя пункты перевалки; удлиняется эксплуатационный период, значительно повышается пропускная способность шлюзов, отпадает необходимость в рейдах формирования плотов, в плотоубежищах; в ряде случаев отпадает и необходимость в просушке леса. На шлюзование леса в плотах требуется в среднем в 1,5—2 раза больше времени, чем на шлюзование того же количества леса, перевозимого в судах.

Однако в настоящее время перевозки леса в плотах экономичнее, чем перевозки леса на судах, которые станут эффективными лишь, когда обратный путь суда совершают не порожняком. Поэтому на каждом этапе развития каскада необходимо выбирать оптимальные соотношения перевозок в плотах и судах, а также учитывать, что в ряде случаев перевозки леса в плотах улучшают сохранность древесины (влажное хранение), подача древесины с воды для некоторых деревообрабатывающих предприятий — часть их технологического процесса.

Преобразование рек водохранилищами увеличивает сплавопропускную способность рек и создает возможность вывозки леса в судах озерного и смешанного типов в морские порты как СССР, так и зарубежных стран.

По возможностям и условиям использования для водного транспорта и лесосплава мы предлагаем выделить следующие группы водохранилищ:

1. Специальные водохранилища, режим работы которых полностью подчинен интересам водного транспорта или лесосплава.

2. Комплексные водохранилища, ре-

жим работы которых в максимально возможной степени учитывает интересы водного транспорта и лесосплава.

3. Комплексные водохранилища, режим работы которых подчинен требованиям других отраслей водного хозяйства. Поэтому судоходство и лесосплав как по водохранилищам, так и в нижних бьефах гидроузлов связаны с рядом ограничений и неудобств.

4. Отраслевые водохранилища, не используемые водным транспортом и лесосплавом (преимущественно небольшие водохранилища питьевого, энергетического, ирригационного назначения и др.).

Глава третья

ВОДОХРАНИЛИЩА — СПЕЦИФИЧЕСКИЙ ПРИРОДНО-ХОЗЯЙСТВЕННЫЙ КОМПОНЕНТ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ СРЕДЫ

1. ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ, ГИДРОХИМИЧЕСКИХ И ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ВОДОХРАНИЛИЩАХ

Создание водохранилищ и регулирование ими стока значительно преобразуют естественный гидрологический режим реки, что влечет за собой изменения и многих других природных процессов и условий. Эти изменения проявляются поразному в верхних и нижних бьефах гидроузлов и совсем иначе — в районах их водохозяйственного влияния, т. е. в зонах потребления стока. Можно выделить следующие районы воздействия водохранилищ на окружающую среду:

I — само водохранилище и прилегающие территории;

II — район, в пределах которого сказываются последствия регулирования водохранилищем жидкого, твердого, химического и биологического стока реки для природы и хозяйства в нижнем бьефе гидроузла, включая дельту реки и взморье;

III — район изъятия стока из реки с подразделением на: а) подрайон изъятия стока на ограниченном участке реки (вследствие отвода воды в деривационные каналы или туннели ГЭС); при этом использованная вода на некотором расстоянии ниже плотины возвращается в ту же реку; б) подрайон уменьшения стока в результате безвозвратной переброски воды из водохранилища по деривационным, ирригационным, водоснабженческим и другим водным трактам в другой речной бассейн;

IV — район дополнительного стока (орошаемые массивы, обводняемые реки и т. п.).

На степень и направленность изменений окружающей среды в верхних бьефах гидроузлов, т. е. в пределах водохранилища, оказывают влияние в первую очередь его размеры, конфигурация, морфология чаши, состав слагающих дно и берега пород, режим эксплуатации, климатические условия района. На изменения в нижнем бьефе гидроузла в основном влияют степень преобразования стока в многолетнем, сезонном, недельном и суточном режимах, а затем и другие указанные выше факторы, а в зонах сокращения стока — степень его изъятия в целом и по сезонам года, величина бо-

26. *Величественное ущелье р. Замбези до создания на ней крупнейшего водохранилища Кабора-Басса (Мозамбик)*

27. *Широкий приплотинный плес Плявиньского водохранилища на р. Западная Двина (Даугава); водохранилище затопило порожистый участок долины реки*





28. *Затопление территории с пальмовыми рощами при наполнении водохранилища Насер на р. Нил (АРЕ); общий подъем уровня у плотины составил около 80 м*

ковой приточности и физико-географические условия долины.

Влияние водохранилищ на окружающую среду, как отмечают многие исследователи (Авакян, Шарапов, 1968 и 1977; Вендров, 1979; Вендров, Дьяконов, 1976; Bader, 1978; Link, 1970; Töndury, 1969; Fels, 1965, и др.), чрезвычайно разнообразно, может проявляться прямо и косвенно, может быть положительным и отрицательным, постоянным и временным, нарастающим, одинаковым по годам или затухающим.

В результате затопления территорий происходит изменение **гидрографии регионов**, иногда весьма существенное, и увеличивается их озерность. Существенно возрос (не считая таких крупнейших озер, как Великие американские, Великие африканские озера, а также Ладожское, Онежское и другие крупные озера СССР) фонд и удельный вес площади пресноводных водоемов на территории Бразилии, Мексики, США, СССР, Индии, Ганы, Ирака, Ирана и многих меньших по площади государств. Значительно возросла озерность некоторых горных районов в Альпах, Средней Азии, Японии, Австралии (Снежные горы).

Сооружение перегораживающего реку гидроузла приводит к подъему уровня воды на высоту от нескольких до 250—300 м (рис. 26, 27, 28). Низконапорные плотины характерны для нижних течений равнинных рек, а самые высокие —



для каньонообразных долин горных рек.

Установленный для СССР коэффициент регулирования, т. е. средние соотношения полезного объема водохранилищ разного вида регулирования к объему годового стока рек (для **многолетнего регулирования** — 20—50% и для **сезонного регулирования** — 8—



20%), в целом характерен для рек многих районов земного шара с близкими климатическими условиями. В районах с большей внутригодовой и многолетней неравномерностью стока, например в областях с муссонным климатом или в засушливых областях с редкими, но интенсивными ливнями, требуются, как правило, более емкие водохранилища, а в районах экваториального климата с более равномерным выпадением осадков — наоборот, меньшие емкости.

Многолетнее и глубокое сезонное регулирование речного стока осуществляют многие равнинные долинные водохранилища, большинство озер-водохранилищ, многие энергетические водохранилища горных и предгорных районов и водохранилища, предназначенные для борьбы с наводнениями и для ирригации в равнинных и предгорных районах.

Так, более 70% водохранилищ США объемом свыше 1 куб. км имеют коэффициент регулирования (т. е. отношение полезного объема к среднемноголетнему стоку) 0,5 и более, позволяющий вести многолетнее регулирование. В СССР 36% водохранилищ объемом более 1 куб. км осуществляют многолетнее регулирование стока. Уровни воды в течение года на разных водохранилищах изменяются в пределах от нескольких десятков сантиметров до 100—200 м и более.

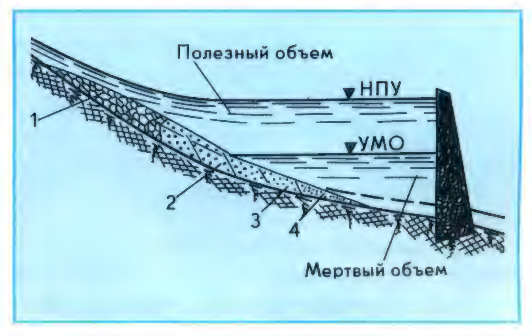
Многие водохранилища, особенно крупные, имеют объем, превышающий годовой сток реки, поэтому их первоначальное заполнение до отметки НПУ производится, как правило, в течение нескольких лет (Братское, Даниел-Джонсон, Бухтарминское, Кебан, Гордон М. Шрам, Вольта — 6—8 лет, Иркутское и Насер — 4 года и т. д.). Такое длительное заполнение приводит к затруднениям при подготовке и начальной эксплуатации водохранилищ.

При многолетнем регулировании стока уровни воды в водохранилищах в раз-



29. Верховая часть Куйбышевского водохранилища на Волге с многочисленными островами и заливами

30. Каховское водохранилище на Днепре. Даже в тихую погоду здесь наблюдается небольшое волнение



31. Схема занесения и заиления водохранилища
1 — гравий; 2 — супесь; 3 — глинисто-илистые частицы; 4 — мельчайшие частицы

ные годы находятся на неодинаковых максимальных отметках. Это приводит к своеобразному нестабильному ходу процессов в береговой зоне, осложняет судоходство и эксплуатацию водозаборов, причалов и т. п. (Авакян, Шарапов, 1968, 1977).

Изменения уровня воды по сравнению с естественными условиями неодинаковы на разных участках водохранилища (рис. 29). Наибольшие изменения происходят в нижней зоне, а в зоне выклинивания подпора ход уровней и в половодье и в межень близок к ходу уровней на реке (Вендров, 1959).

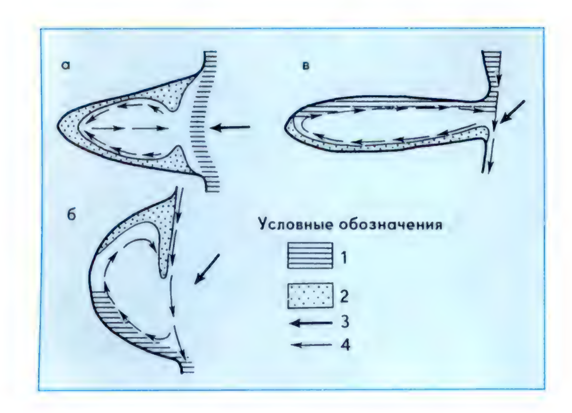
При длительных ветрах одного направления наблюдаются **сгонно-нагонные изменения уровней воды,** которые резче проявляются на мелководных водохранилищах. Их продолжительность бывает от нескольких часов до нескольких суток, а общий перекос водной поверхности может превышать 1 м. Амплитуда **сейшевых колебаний уровня,** вызываемых обычно резкими перепадами атмосферного давления над разными районами крупных водохранилищ, достигает нескольких десятков сантиметров.

Структура течений в водохранилищах отличается большей сложностью по сравнению с озерами. В результате взаимодействия **стоковых, дрейфовых, компенсационных течений** в водохранилищах формируется нестационарная система транзитно-циркуляционных течений, к тому же разная на различных участках водохранилищ. Наиболее гидродинамически активные зоны приурочены к бывшим речным руслам, зоны с водоворотной циркуляцией — к затопленным поймам и первым террасам речных долин, застойные зоны — к обширным, не имеющим притоков мелководным заливам, водообмен в которых происходит только при глубокой сработке и наполнении водохранилищ.

Проточность водохранилищ, обусловленная в основном постоянными стоковыми течениями, влияет на интенсивность турбулентного перемешивания воды, ее **температурную стратификацию** (расслоение), минерализацию и аэрацию, гидрохимические и гидробиологические процессы. Проточность водохранилищ изменяется по годам и сезонам в зависимости от их водности и от использования водных ресурсов (Матарзин и др., 1977).

Объем и динамика водной массы определяют влияние водохранилища на температурный режим атмосферы над акваторией и прибрежной территорией. От морфолого-морфометрических особенностей водохранилища (длины, ширины, глубины и конфигурации) во многом зависят величина и направление **ветрового волнения,** которые в свою очередь влияют на переформирование дна и берегов, кислородный режим, возможность существования прибрежной водной растительности и др.

На реках высота волн обычно не превышает 0,5—0,8 м, а на крупных водохранилищах она достигает 2—3 м и более, причем на разных их участках изменяется очень значительно (рис. 30), что зависит от длины разгона ветровых волн и глубины. Значительно изменяется режим волнения по сезонам года; он зависит от метеорологических условий и изменений морфологических параметров водохранилищ (в связи с понижением их уровня при сработке). На крупных водохранилищах СССР повторяемость волн высотой более 1,2 м составляет около 5% навигационного периода, более 1,5 м — 2% и свыше 2 м — 0,5%.



32. Схема переформирования бухт
а — при прямом подходе волны; б и в — при косом подходе волны; 1 — зона абразии и эрозии; 2 — зона аккумуляции; 3 — направление луча волны; 4 — циркуляционные и вдольбереговые течения

Характерная особенность водохранилищ — формирование в них различных по своим физическим, химическим и биологическим характеристикам **водных масс**, структура и конфигурация которых подвержена сезонным изменениям. Важная роль структуры и динамики водных масс в системе внутриводоемных процессов выявлена на основании многолетних комплексных исследований некоторых волжских водохранилищ (Буторин, 1969).

Вследствие уменьшения скорости течения в водохранилищах по сравнению с рекой происходит отложение почти всех влекомых по дну реки наносов и значительной доли взвешенных твердых частиц; на верхнем участке водоема отлагаются крупные частицы (галька, гравий), на среднем — песок и еще ниже по течению — илистые частицы (рис. 31). В среднем в водохранилищах задерживается около 90—95% донных и взвешенных наносов, этот процесс называется **занесением или заилением**; чем меньше скорость течения в водохранилище, тем больше твердого стока отлагается в его чаше. Источниками поступления взвесей служат также продукты размыва берегов и дна, фитопланктон и высшая водная растительность, физико-химические и эоловые процессы (Буторин и др., 1975). На большинстве равнинных водохранилищ донные отложения сначала формируются преимущественно за счет продуктов разрушения берегов и дна; с течением времени их количество убывает, и начинают преобладать наносы, поступающие с поверхностным стоком. У горных водохранилищ главный источник занесения и заиления — поверхностный сток. В песчаных пустынях важным источником заиления водохранилищ служат переносимые ветром песок и пыль, в районах интенсивного развития высшей водной растительности (экваториальный и тропические пояса) — продукты ее разложения, в умеренной зоне — всплывающие и размываемые торфяники.

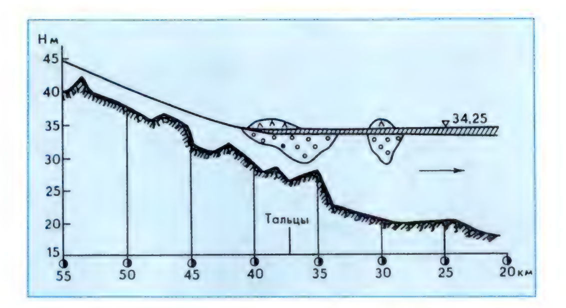
В результате отложения наносов и размыва выступающих участков дна и береговой линии происходят **нивелирование рельефа дна** (рис. 32) и уменьшение извилистости береговой линии за счет разрушения мысов и занесения заливов и бухт.

По термическому режиму водохранилища отличаются от рек неоднородностью температуры воды (по длине, ширине и глубине), достигающей в отдельные периоды 10°, а от озер — нестабильным характером изменения температур с глубиной и довольно высокой температурой придонных слоев воды вследствие более интенсивного ее перемешивания под действием ветровых и стоковых течений и нередко сброса воды в нижний бьеф из средних и даже нижних слоев.

Ледовый режим водохранилищ зависит в основном от климатических факторов, но на него влияют также скорость течения и волнение. Специфическая черта ледового режима водохранилищ — оседание льда на дно по мере сработки водохранилища и смерзание его с грунтом. В районах с сильными морозами (Сибирь и Дальний Восток, Канадский Север, высокогорные районы) в верховых частях водохранилищ часто возникают зажоры и заторы из-за образования шуги, в результате чего иногда происходят затопления прилегающих земель (рис. 33).

По гидрохимическим и гидробиологическим особенностям водохранилища ближе к озерам, чем к рекам, причем совершенно особые условия создаются в первые 5—7 лет. Затопленные почвы, торфяники, растительность, продукты размыва берегов пополняют воду водохранилищ азотом, фосфором, железом, органическими веществами — сверх того, что поступает в водохранилище вместе с речным и подземным стоком с водосборной площади и с осадками. Малые скорости течения воды приводят к осаждению в них больших количеств биогенных веществ (азота, фосфора и т. п.).

Гидрохимический режим водохранилищ формируется под влиянием процессов, происходящих на водосборе, в береговой зоне и в самом



33. Зажор в районе выклинивания подпора от Иркутской ГЭС в январе 1957 г. (усл. обозн. см. рис. 56).

водоеме. Причем необходимо со всей определенностью подчеркнуть, что влияние водохранилищ на качество воды неоднозначно и не может квалифицироваться только как положительное или только как негативное.

Из всего многообразия физико-химических показателей состава воды в водохранилищах наиболее изучены такие имеющие первостепенное значение, как минерализация и ионный состав, газовый режим, прозрачность и цветность воды, биогенные соединения, органические вещества, микроэлементы и некоторые виды наиболее распространенных загрязняющих веществ (нефтепродукты, токсические соединения тяжелых металлов, хлор- и фосфорорганические соединения).

Создание водохранилищ и их каскадов в умеренных широтах приводит к нивелированию сезонных различий в величинах общей минерализации и концентраций главных ионов (Денисова, 1979). В водохранилищах, расположенных в аридных районах, общая минерализация несколько выше, чем в реках, и изменяется соотношение между главными ионами — натрием, калием, хлором и сульфатом. В устьевых областях зарегулированных рек минерализация, по имеющимся данным, увеличивается, иногда существенно: для Волги — на 16%, для Днепра — на 10, для Дона — на 49, для Кубани — на 31, для Куры — на 47%.

Кислородный режим как один из главных показателей «благополучия водоема» зависит от очень многих процессов, происходящих не только в самом водохранилище, но и на водосборе. Содержание кислорода колеблется в широких пределах от долей до двух и более десятков миллиграммов на литр (от 2 до 250% насыщения) и изменяется по сезонам, годам, акватории и глубине водохранилищ.

В малопроточных и глубоких водохранилищах обычно развита температурная и кислородная стратификация, в результате которой содержание растворенного кислорода снижается до долей мг/л (3—5% насыщения). Развитие анаэробных процессов в **гиполимнионе*** сопровождается выделением больших количеств сероводорода и метана. Это неблагоприятное явление особенно выражено на многих крупных тропических водохранилищах, при создании которых не были проведены в должном объеме лесосводка и лесоочистка ложа.

На кислородный режим водохранилищ, расположенных в умеренной и субарктической зонах, существенное воздействие от 2 до 8 месяцев в году оказывает ледовый покров, с которым связаны дефициты кислорода во всей водной массе.

Вследствие обогащения воды органическими веществами увеличивается содержание углекислоты и уменьшается количество растворенного кислорода, особенно при зимней сработке. Содержание кислорода уменьшается также в ночное время летом в периоды бурного развития микроскопических водорослей — так называемого цветения воды. Волнение, течения и конвекционные токи, наоборот, обогащают воду водохранилищ кислородом.

Существенно ухудшается кислородный режим в районах скопления отмерших масс синезеленых водорослей, свободно плавающих растений (телореза, сальвинии в тропиках), высшей водной растительности.

Необходимо подчеркнуть, что кислородный режим не только отдельного водохранилища, но и его участков индивидуален. Наиболее благополучен режим кислорода в горных водохранилищах, где его содержание не падает ниже 70% растворимости, что связано со сравнительно слабым развитием фитопланктона, водной растительности и небольшой мощностью и объемом иловых отложений.

Уменьшение содержания взвесей и цветности воды приводит к увеличению

* **Эпилимнион** — верхний (несколько метров) хорошо аэрируемый слой воды с благоприятным кислородным режимом. **Гиполимнион** — нижележащий слой воды с пониженным (менее 4 мг/л) содержанием кислорода.
Граница между эпилимнионом и гиполимнионом устанавливается по слою так называемого температурного скачка, в пределах которого температура воды изменяется по глубине на 3—5°.

34. Горное глубоководное водохранилище Эукумбене, отличающееся большой прозрачностью воды (Австралия)



ее прозрачности в водохранилищах (особенно в их приплотинных участках) в 5—10 раз по сравнению с речными водами (рис. 34, 35). Отстой воды в водохранилищах даже в течение 2—3 недель вызывает резкое уменьшение содержания сапрофитных бактерий и кишечной палочки, что тоже может рассматриваться как весьма положительное явление.

Содержание минеральных и органических форм азота, фосфора, кремния и железа (которые составляют группу так называемых биогенных элементов или веществ) изменяется в очень широких пределах по сезонам, годам, акватории и глубине. В целом количество биогенных веществ и скорость их круговорота (за исключением железа и кремния) в водохранилищах увеличиваются по сравнению с речными условиями; особенно возрастает (на 1—2 порядка) амплитуда колебаний содержания биогенных веществ.

Для биогенного режима водохранилищ имеют большое значение наличие и стабильность или отсутствие стратифицированности водной массы, так как при разных соотношениях эпилимниона и гиполимниона имеют место разные по сложности и длительности схемы круговорота веществ.

Раньше считалось, что водохранилища уменьшают биогенный сток рек, однако в действительности оказалось, что он увеличивается (кроме соединений железа); на это указывают исследования последних 10 лет, проведенные в СССР на водохранилищах Волги и Днепра.

Наиболее исследованы в водохранилищах такие микроэлементы и тяжелые металлы, как марганец, цинк, медь, ртуть, кадмий, свинец, мышьяк, хром, никель; содержание их нормируется для питьевого водоснабжения.

И в данном случае особенно важно подчеркнуть, что особенности гидрологических и гидрохимических режимов определяют общую тенденцию к уменьшению содержания соединений тяжелых металлов в пелагиали водохранилищ, их трансформации и аккумуляции в донных отложениях. То же можно сказать и о ряде других загрязняющих веществ, таких, как нефтепродукты.

Изложенное выше показывает, что роль водохранилищ в формировании качества воды двояка. С одной стороны, очень велика роль процессов самоочищения, усиливающихся в водохранилище за счет процессов седиментации, отстоя, разбавления, деструкции (разрушения) органических веществ. С другой стороны, особенности водохранилищ, такие, как замедление водообмена и явление термической и кислородной стратификации, развитие органической жизни, способствуют усилению евтрофирования и ухудшению качества воды в том случае, когда существенно усиливается интенсивность антропогенных воздействий, особенно в отношении поступления сточных вод. Иными словами говоря, водохранилища более уязвимы для загрязнения, чем реки.

Для водохранилищ в низовьях рек из-за уменьшения объема стока (в результате его хозяйственного использования и дополнительных потерь на испарение) характерно увеличение солености вод, что существенно отражается на функционировании своеобразных экосистем устьевых областей.

Водохранилища оказывают огромное воздействие на биологические процессы и компоненты водных экосистем. По своим структурно-функциональным характеристикам экосистемы водохранилищ неодинаковы не только в разных природных поясах и зонах, но даже и в той зоне, по которой протекает река. Для всех экосистем характерно довольно бурное развитие биологических процессов в первые 4—7 лет существования водохранилищ, когда в водную среду поступает большое количество биогенов, органики, микроэлементов, наблюдаются вспышки численности популяций различных видов гидробионтов.

Однако эта в общем кратковременная стадия «молодости» водохранилищ сменяется стадией стабилизации, когда биологическая продуктивность, в том числе и хозяйственно полезная, снижается.



35. Живописное водохранилище в горной лесистой местности (США)

Если в первые годы жизни водохранилищ резко возрастают число и объем биомассы бактерий, то в дальнейшем эти показатели снижаются до исходных значений. Они становятся ниже тех, которые наблюдались в реке до зарегулирования. Значения численности и биомассы бактерий в крупных водохранилищах разных типов (олиготрофных, мезотрофных и евтрофных) различаются примерно на порядок: численность бактерий — в диапазоне от 0,4 до 6 млн. клеток на миллилитр, а биомасса — в диапазоне от 0,5 до 4,5 г/м^3 (Водохранилища мира, 1979). Также на порядок различаются значения численности и биомассы бактерий в пределах одного водохранилища, но разных его биотопов. Различия в показателях бактериального населения в средних и небольших водохранилищах составляют уже два порядка и определяются главным образом факторами антропогенных воздействий.

В последние годы советскими учеными получены новые данные, свидетельствующие о гораздо более важной роли бактерий, чем считалось ранее, в общей системе продукционно-деструкционных процессов в водохранилищах разного трофического типа (Водохранилища мира, 1979). Общие микробиологические исследования субтропических, тропических и субэкваториальных водохранилищ пока не получили должного развития. До сих пор они носили не экосистемный, а прикладной характер и проводились главным образом в целях оценки санитарно-эпидемиологической ситуации в зонах водозаборов.

При создании водохранилищ, в процессе ряда сукцессионных фаз, формируется комплекс доминирующих видов и, как правило, свой для каждого водохранилища. Достаточно общая тенденция: видовое разнообразие фитопланктона в водохранилищах по сравнению с рекой уменьшается, а его биомасса увеличивается. Это обусловлено замедлением скоростей течения, лучшей прогреваемостью воды, увеличением прозрачности воды и достаточным количеством биогенных веществ. В водохранилищах регистрируют много десятков и сотен видов фитопланктона, но лишь несколько процентов от их числа создают основную биомассу. Характерная особенность водохранилищ: два сезонных максимума развития — весенний и позднелетний: первый обусловлен диатомовыми водорослями, а второй — синезелеными. В связи с развитием комплекса лимнических биогеохимических процессов увеличивается и средняя биомасса фитопланктона в водохранилищах. Избыточное развитие фитопланктона с биомассами, превышающими 5—6 г/м^3 (Сиренко, Гавриленко, 1978), рассматривается как одно из проявлений евтрофирования водоемов.

Из-за существенного уменьшения скорости течений, поступления большого количества биогенов в результате антропогенных воздействий на ряде водохранилищ и их отдельных участках создаются условия для избыточного развития синезеленых водорослей, происходит так называемое цветение воды. Биомасса водорослей в пятнах цветения и в скоплениях, обусловленных течениями, может достигать сотен граммов и даже десятков килограммов на кубометр воды. «Цветение» воды в первые годы существования водохранилищ наблюдается практически повсеместно, но в последующие годы его интенсивность и повторяемость существенно уменьшается. «Цветение» часто именуют раковой опухолью водоемов планеты, при этом иногда полагают, что виной ему — именно создание водохранилищ. Однако заметим, что «цветут» сейчас и многие реки, и такие некогда чистые олиготрофные горные озера, как Женевское и Боденское. Причина этому — избыточное поступление в водоемы питательных биогенных веществ (в основном соединений азота и фосфора) с очищенными и неочищенными сточными водами, а также изменение термического режима многих озер и водохранилищ из-за тепловых сбросов (подогретые воды) тепловых и атомных станций (Сиренко, Гавриленко, 1978; Денисова, 1979).

В пределах любого водохранилища формируется не менее трех-четырех типов биотопов, где существенно различаются комплекс доминирующих видов фитопланктона и его биомасса (на 1—2 порядка), а также распределение его по глубине. Большинство исследователей объясняют это явление неоднородности пространственного (по акватории) распределения фитопланктона морфометрией и гидродинамическими характеристиками.

Флора водохранилищ более разнообразна по сравнению с озерами и реками, что объясняется экологическим разнообразием биотопов в водохранилищах, особенно на мелководьях (рис. 36). Именно специфический уровенный режим обусловливает преобладание в водохранилищах воздушно-водной растительности до глубины 1,5—2 м. Площадь ее в разных водохранилищах занимает до 20—30% акватории. В тропических водохранилищах развивается свободноплавающая растительность — гиацинты и сальвинии, они могут образовывать огромные скопления в виде плавучих островов. Растительный покров на мелководьях продолжает формироваться даже при стабильном режиме эксплуатации не менее 10—15 лет, при этом сукцессии различных видов высшей водной растительности — водных мхов, папоротников, хвощей, цветковых растений (осоковых, злаковых, рогозовых, тростниковых, рдестовых, кувшинковых, лотосовых) — разнообразны по направленности и продолжительности.

В умеренных широтах средняя фитомасса в расчете на единицу площади зарослей изменяется в пределах 0,5—11,5 т/га в воздушно-сухом весе, а продукция по углероду (волжские и днепровские водохранилища) изменяется в диапазоне 1—30 г/м^2 в год (Корелякова, 1977). В тропических водохранилищах фитомасса гиацинта в сыром весе может достигать 60 т/га.

Создание водохранилищ привело к изменению видового состава зоопланктона и соотношения его отдельных групп (коловратки, ветвистоусые и веслоногие). По мере уменьшения водообмена значение ракообразных и соответственно их доля в общей биомассе зоопланктона возрастают до 70—95%. Средняя сезонная биомасса зоопланктона в водохранилищах Днепра, Средней Волги, Ангары, Верхнего Енисея возросла почти в 10 раз за счет создания благоприятных условий для развития ракообразных, летняя же биомасса зоопланктона, т. е. в период наиболее интенсивного питания рыб, возросла в пелагиали в 50—100 раз, а в прибрежных зонах — в 300—350 раз, что можно считать положительным фактором, тем более если учесть, как велико кормовое значение планктона для развития рыб планктофагов (Водохранилища мира, 1979).

Для тропических водохранилищ характерны относительно невысокие абсолютные биомассы фито- и зоопланктона, но при постоянных высоких температурах воды интенсивность биологических процессов очень высока. В то же время качественные и количественные показатели зоопланктона тропических водохранилищ, расположенных в саваннах, заболоченных тропических лесах, пустынях и полупустынях и особенно в горных районах, различаются между собой более значительно, чем те же показатели в водохранилищах умеренного пояса.

Угнетающее воздействие на зоопланктон оказывают «цветение» синезеленых водорослей и загрязнение водной среды. Зоопланктон распределяется по акватории водохранилищ неоднородно. Количество его может различаться на порядок по длине водохранилища и на два порядка по его ширине (особенно в умеренно заросших участках литорали и на открытой акватории).

Основу зообентоса, т. е. донной фауны, составляют олигохеты, хирономиды и моллюски. Количество их в водохранилищах по сравнению с рекой в целом возрастает, поскольку увеличиваются площадь биотопов и плотность донного населения. Однако уровень развития зообентоса в водохранилищах зависит не только от этих факторов, поэтому удельные биомассы бентоса для тех или других участков одного и того же водохранилища могут различаться в десятки раз. Зимняя сработка уровня водохранилищ умеренной зоны и промерзание грунтов — причина невысокого развития бентоса в осушной зоне.

Гидрологическая структура водных масс и их режим влияют на развитие



36. Зарастающий залив Иваньковского водохранилища на Волге

бентоса. В крупнейших водохранилищах Африки и Южной Америки с обширной анаэробной зоной бентос распространен лишь на глубину эпилимниона, т. е. на 3—5 м. Отдельные виды зообентоса — важнейший корм для рыб-бентофагов (большинство пресноводных видов). Биомасса кормового бентоса (без моллюсков) колеблется от 2 г/м^2 для волжских водохранилищ (Рыбинское) до 50 г/м^2 для днепровских (Кременчугское).

При создании водохранилищ происходит существенная перестройка речных ихтиоценозов, изменяются их структура, количество доминирующих форм, морфологические признаки, условия размножения и нагула особей.

Анализ гидрологических, гидрохимических и гидробиологических особенностей искусственных водоемов показывает, что водохранилища — принципиально иной, чем озера и реки, тип водного объекта, с существенно пространственно неоднородной (по длине, ширине и глубине) структурой абиотических условий, численностью биомассы и продуктивностью основных экологических компонентов.

Другая принципиальная особенность в том, что направленность и интенсивность внутриводоемных процессов неоднозначны, т. е. не могут квалифицироваться только как положительные или только как отрицательные.

И наконец, важно подчеркнуть, что большая часть негативных процессов и явлений, связанных с созданием водохранилищ, может успешно регулироваться и существенно снижаться, соответственно могут многократно усиливаться и положительные эффекты, если правильно проводить комплексные мероприятия.

2. ВОЗДЕЙСТВИЕ ВОДОХРАНИЛИЩ НА ПРИРОДНУЮ СРЕДУ ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ

Водохранилища оказывают влияние практически на все компоненты литосферы, гидросферы, атмосферы и биосферы, образующие природную среду прилегающих территорий, т. е. на геодинамические условия и рельеф, режим подземных вод, климат, почвы, растительность, животный мир и ландшафт в целом (рис. 37, 38, 39, 40, 41).

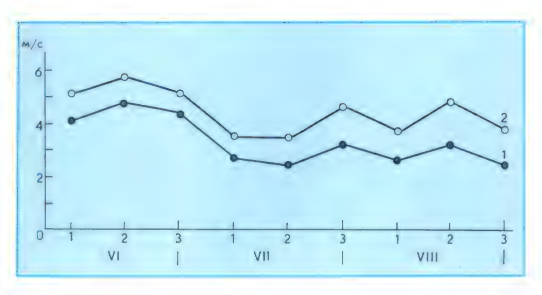
Влияние водохранилищ, даже самых крупных, на климат распространяется на сравнительно небольшую территорию. Так, площадь зоны климатического влияния Камского водохранилища примерно равна площади его зеркала (Матарзин и др., 1981). Микроклимат отдельных районов определяется увеличением суммарной радиации и радиационного баланса, большей теплоемкостью водохранилищ по сравнению с сушей.

Влияние водохранилищ на климат в различных природных поясах и зонах неодинаково. В зоне недостаточного увлажнения это влияние менее значительно, чем в зоне избыточного увлажнения, где оно ощущается сильнее и распространяется на большие территории с менее резкими переходами. В СССР в направлении с юга на север ширина полосы активного влияния водохранилищ на климат увеличивается, а абсолютные и относительные показатели изменений уменьшаются (Вендров, 1979). Масштабы изменений климата зависят также от рельефа (чем выше берега, тем быстрее затухают эти изменения), от параметров водохранилища, особенно объема водной массы.

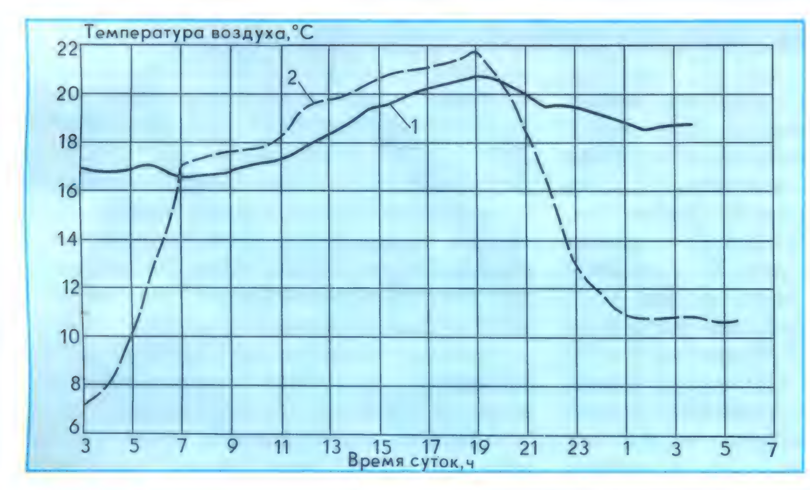
Весной водохранилища оказывают охлаждающее влияние на прибрежные

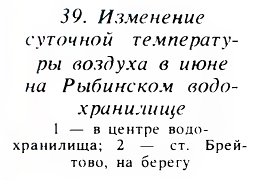


37. Рыбинское водохранилище существенно влияет на прилегающие территории



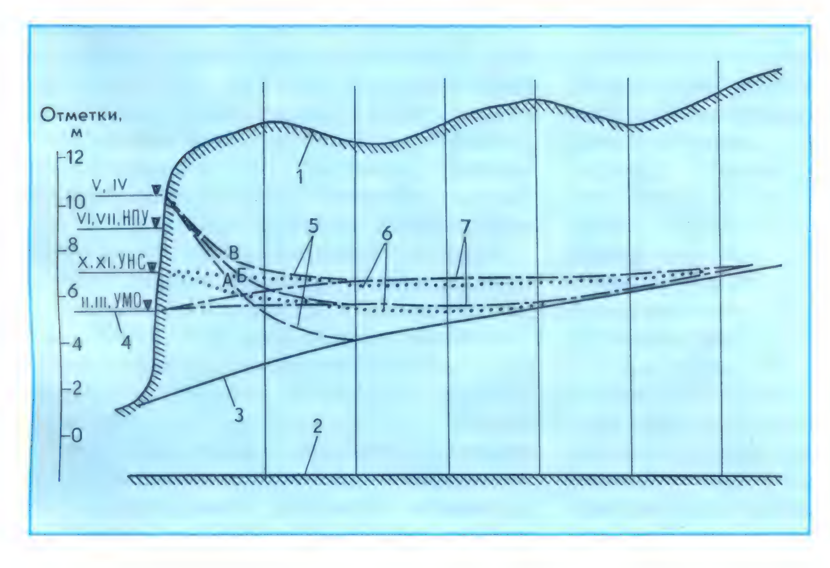
38. Соотношение декадных скоростей ветра на суше (1) и над водной поверхностью (2) в июне — августе на Куйбышевском водохранилище





39. Изменение суточной температуры воздуха в июне на Рыбинском водохранилище

1 — в центре водохранилища; 2 — ст. Брейтово, на берегу

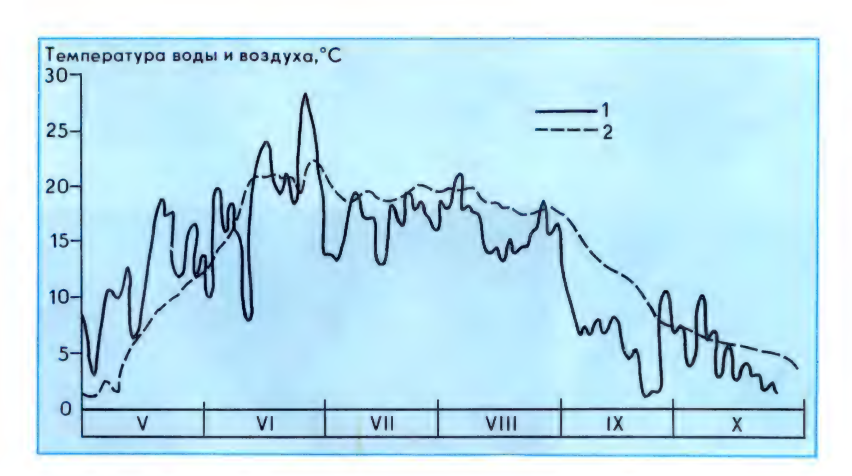


40. Формирование подпора грунтовых вод при переменном уровне водохранилища

1 — поверхность земли; 2 — кровля водоупора; 3 — меженный уровень грунтовых вод до подпора; 4 — средние (расчетные) уровни водохранилища в разные месяцы; 5 — уровень грунтовых вод в мае; 6 — то же в сентябре; 7 — то же в марте. А — уровень в первый год существования водохранилищ; Б — то же во второй год; В — то же в третий год

территории, а во второй половине теплого периода (вплоть до ледостава) — отепляющее. Под воздействием водохранилищ, как правило, уменьшается континентальность климата: ход температур становится более плавным, суточная амплитуда температур воздуха уменьшается, влажность увеличивается, весенние заморозки прекращаются, осенние наступают позже и т. д. За счет большего (чем с суши) испарения с увеличившейся водной поверхности возрастает относительная и абсолютная влажность воздуха, что особенно заметно сказывается в засушливых зонах.

Создание обширных водных поверх-



41. Ход температур воздуха и воды за май — октябрь у Добрянки (Камское водохранилище)
1 — температура воздуха; 2 — температура воды

ностей приводит к значительному увеличению скорости и повторяемости ветра. В районах всех крупных водохранилищ отмечаются ветры типа бризов; так, на Братском водохранилище бризы в сторону суши проникают на расстояние 2—3 км, захватывая по высоте зоны в 100—250 м. На водохранилище Насер в АРЕ бризы ощущаются лишь в 1—2 км от уреза воды.

В теплый период на акватории водохранилищ осадков выпадает меньше, чем на суше; несколько увеличивается (до 7—10%) количество осадков в береговой зоне (Боровкова и др., 1962).

Сильное влияние на микроклимат оказывают водохранилища, используемые для охлаждения производственных вод, однако ввиду их малых размеров влияние это ограничено по территории и высоте слоя.

Значительно и многообразно влияние водохранилищ на уровень и режим подземных вод. Река до создания водохранилища — это как бы водоприемник грунтовых потоков. С заполнением водохранилища грунтовые, трещинно-грунтовые, частично трещинно-пластовые и трещинно-карстовые воды подпираются, и уровень их поднимается до таких отметок, при которых они вновь стекают в водохранилище. До этого момента они непрерывно накапливаются и пополняются за счет просачивания из водохранилища. При этом уклон потока грунтовых вод и скорость их движения, как правило, уменьшаются, что также способствует повышению их уровня. В результате дренирующая роль водотока в целом уменьшается; так, приток грунтовых вод с территории, прилегающей к Новосибирскому водохранилищу, снизился в 3—4 раза по сравнению с прежними условиями (Вострякова, 1971). В некоторых случаях направление грунтового потока изменяется в сторону другого водотока, уровень воды в котором находится ниже, чем в водохранилище.

Уровень грунтовых вод и скорость формирования подпора на разных водохранилищах и разных участках одного и того же водохранилища не одинаковы. Они зависят от величины подпора воды в реке, механического состава и фильтрационных свойств грунтов, расстояния от водохранилища и от режима его уровней. Уровень грунтовых вод повышается сравнительно медленно и достигает наибольшей высоты в приплотинной части и наименьшей — в верховой части водохранилища. Быстрее всего уровень грунтовых вод повышается в сильно трещиноватых скальных и закарстованных породах, галечниках, гравии и крупнозернистых песках и медленнее всего — в суглинках и глинах.

Подпор грунтовых вод распространяется в зависимости от местных гидрогеологических условий и происходит в зоне шириной от нескольких десятков метров до многих километров от берега водохранилища. На небольших равнинных водохранилищах, каких много в СССР и зарубежной Европе, подпор уровня грунтовых вод незначителен.

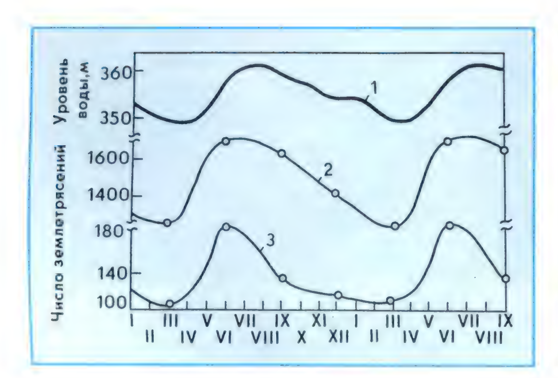
Уровень грунтовых вод вблизи водохранилищ испытывает колебания в течение года, снижаясь при сработке водохранилища и повышаясь при его заполнении; чем ближе к урезу, тем больше амплитуда этих колебаний (Печеркин, 1966, 1969).

На некоторых водохранилищах наблюдается значительная фильтрация воды через дно, и тогда не удается наполнить их до проектной отметки, как это произошло на Храмском водохранилище в СССР, некоторых водохранилищах в карстовых районах Югославии и на водохранилище Глатталып в Швейцарии.

Подъем грунтовых вод к поверхности земли вызывает подтопление фундамен-

42. Сопоставление уровней воды в водохранилище Мид с количеством землетрясений в этом районе за период 1939—1951 гг.

1 — среднемесячные уровни воды; 2 — число зарегистрированных землетрясений (средние значения по трехмесячным интервалам); 3 — число ощутимых землетрясений (средние значения по трехмесячным интервалам)



43. Формирование отмели у абразионного берега на одном из водохранилищ США



тов зданий, подземных коммуникаций, сельскохозяйственных и лесных площадей, а при выходе на поверхность — их заболачивание, а иногда и засоление. Но наряду с отрицательными последствиями подъема уровня грунтовых вод в ряде районов, где уровень вод в естественном состоянии находится на большой глубине, происходит увеличение запасов используемых грунтовых вод, улучшение условий произрастания древесных, кустарниковых и травянистых растений при умеренном и слабом подтоплении и т. д.

Создание крупных водохранилищ в определенной степени повлияло на современные тектонические процессы, в частности на возникновение небольших землетрясений, что в отдельных случаях может приводить к деформации ложа водохранилищ, усилению переформирования берегов и их подтоплению.

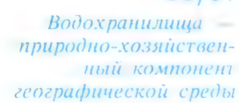
В период наполнения и эксплуатации водохранилищ могут возникнуть землетрясения, которые проявляются в локальной сейсмичности ряда районов. По мнению специально созданной комиссии ЮНЕСКО, от наведенных землетрясений (т. е. обусловленных деятельностью человека) не гарантировано ни одно из гидротехнических сооружений. Зарегистрированы десятки землетрясений, вызванных созданием водохранилищ, в том числе Нурекского, Мид, Кариба, Мангла, Койна, Куробэ, Кремаста, Марафон, Билеча, Гранвил, Монтаньяр, Каньялес. На ряде водохранилищ установлена зависимость между частотой землетрясений и объемом воды. Количество толчков, вызываемых заполнением водохранилищ, может быть очень велико и определяться сотнями и тысячами (рис. 42).

С созданием водохранилища начинается формирование рельефа его берегов. О масштабах этих процессов можно судить по тому, что только у нескольких крупных водохранилищ СССР протяженность абразионных берегов превышает 15 тыс. км, а ежегодный объем грунта, перерабатываемого при их переформировании, составляет 230—270 млн. куб. м (Вендров, 1979).

Берега водохранилища формируются с момента его заполнения под непосредственным, преимущественно гидродинамическим, воздействием водоема и трансформированных геоморфологических процессов (Широков, 1974, 1985; Водохранилища мира, 1979).

Берегами водохранилищ становятся поверхности или уступы пойменных и надпойменных террас, коренные склоны долин, а иногда искусственные сооружения (дамбы и т. п.) При создании водохранилищ нарушается динамическое равновесие и начинается переформирование берегов — размыв, обрушение, оползание или же аккумуляция отложений (рис. 43).

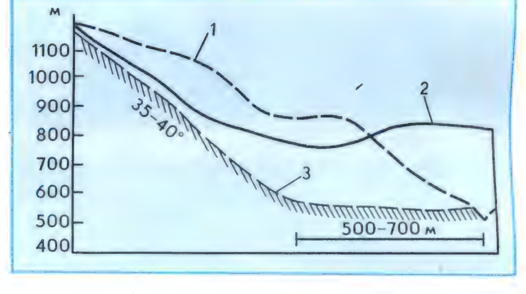
Ведущий гидродинамический фактор — ветровое волнение, в этом случае размеры переработки берегов определяются суммой энергии волнения различной интенсивности. В связи с этим небольшое, но постоянное волнение не менее существенно, чем более редкое, но сильное штормовое волнение. Водохранилища, расположенные на севере Евразии и Северной Америки, свободны ото льда 100—150 дней в году, в средних широтах — 200—300 дней, а южнее 40° с. ш. обычно не замерзают. Неодинакова длительность безледоставного периода и на водохранилищах, находящихся в разных высотных поясах, что также



44. Небольшое водохранилище среднерусской полосы — Клязьминское — в системе канала им. Москвы; из-за малых колебаний уровня и небольшой высоты волны его берега слабо размываются и удобны для отдыха



45. Разрез по западной части обусловленного землетрясением оползня в водохранилище Вайонт, вызвавшего сильную волну, нарушение плотины и катастрофическое наводнение в нижнем бьефе (Италия):
1 — первоначальная поверхность склона;
2 — поверхность склона после оползня; 3 — поверхность скольжения



отражается на масштабах переформирования берегов. На небольших по площади горных водохранилищах скорость ветра и величина волнения намного меньше, чем на равнинных. В горах главную роль играют другие виды переформирования берегов — осыпи, оползни и т. п. (рис. 44, 45, 46).

Высота и морфология берегов также влияют на интенсивность их переформирования: выпуклые склоны размываются быстрее, чем вогнутые, и скорость размыва возрастает с увеличением их крутизны. Пологие берега с уклонами не более 2—4° обычно не размываются. С увеличением высоты берега скорость его размыва уменьшается из-за более быстрого образования отмели.

Очень важный фактор — перемещение наносов вдоль берега. Скорость и размеры переработки берега резко возрастают на тех участках, где продукты размыва уносятся вдольбереговым течением. Волнение и течения при постепенном снижении уровня воды поочередно размывают низкие участки берега, которые при более высоком уровне были береговой отмелью; в силу этого формирование отмели задерживается. Таким образом, чем больше амплитуда колебания уровня в период интенсивной волновой деятельности, тем сильнее идет размыв берега.

Масштабы и интенсивность формирования берегов определяются также характером слагающих их пород. Например, водохранилища, расположенные в районах распространения лёссовых и лёссовидных пород (лёссовое плато Китая, степная и пустынная зоны СССР и др.), отличаются наибольшей интенсивностью абразии берегов. На горных водохранилищах наблюдается наименьший размыв берегов, что связано с прочностью слагающих их скальных пород.

На процессы формирования берегов влияют также степень зарастания (деревьями, кустарником, травой), агрессивность воды (ее химический состав, температура) в отношении растворимых и мерзлых пород, наличие увлажненных грунтовыми водами плоскостей скольжения грунтов, способствующих образованию оползней, и ряд других факторов.

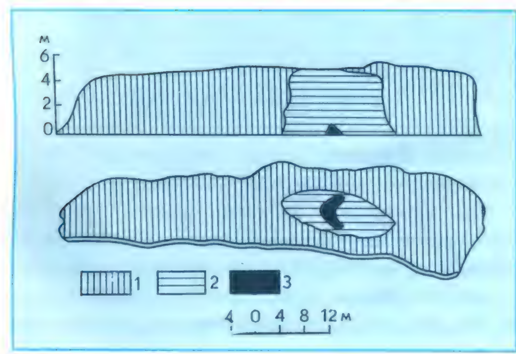
В целом по мере увеличения «возраста» водохранилищ переформирование их берегов уменьшается, образуется устойчивый профиль берега. Однако изменения водохозяйственных функций и режима водохранилища, тектонические движения; циклические изменения гидрометеорологических условий и т. п. могут оживить процесс переформирования берегов.

В результате размыва полуостровов, островов (рис. 47), занесения и отчленения заливов и бухт с малым речным притоком и склоновым стоком (рис. 48) извилистость береговой линии водохранилищ со временем уменьшается, она становится более короткой и плавной.

Создание водохранилищ нередко ведет к существенному изменению почвенного и растительного покрова прилегающей береговой зоны.



46. Абразионно-осыпной берег водохранилища Эль-Асад (Табка) на р. Евфрат (Сирия); большая сработка уровня способствует интенсивному обрушению берега



47. Схема разрушения острова на Камском водохранилище
1 — площади острова, размытые в 1959 г.;
2 — то же в 1960 г.;
3 — то же в 1961 г.

Принято выделять следующие основные зоны влияния водохранилища на почвенно-растительный покров: постоянного, периодического (временного) и эпизодического **затопления; заболачивания;** сильного, умеренного и слабого **подтопления;** активного и эпизодического **климатического влияния** (рис. 49).

Размеры территории, на которой происходят изменения почвенного и растительного покрова, могут быть, особенно у равнинных водохранилищ, достаточно велики и соизмеримы с площадью зеркала водохранилищ. Ширина отдельных зон влияния колеблется от нескольких метров до нескольких километров.

В зоне периодического затопления формируются болотные и торфяно-глеевые почвы с высокой степенью заторфованности и большим содержанием закисных форм железа.

В зоне подтопления грунтовые воды подходят близко к поверхности, здесь степень увлажнения почв определяется не только глубиной залегания грунтовых вод, но и величиной их капиллярного подъема, которая в зависимости от механического состава грунтов может колебаться от 0,5—1,0 до 6,0 м.

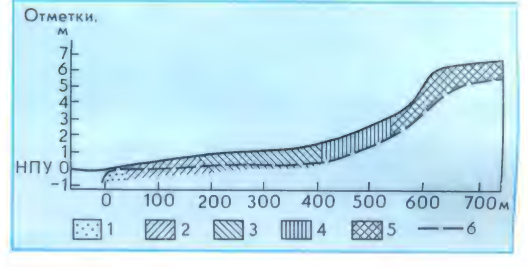
В зоне умеренного подтопления (уровень грунтовых вод на глубине от 1 до 2 м) доминирует процесс так называемого олуговения подзолистых почв, когда в них повышается содержание гумуса, азота, фосфора, кальция и соединений железа, в верхнем горизонте почв появляются охристые пятна и прожилки, и под действием грунтовых вод, имеющих нейтральную реакцию, уменьшается кислотность в нижнем слое. В черноземовидных почвах может происходить рассоление. В зоне слабого подтопления (уровень грунтовых вод на глубине 2—4 м) увеличивается подвижность гумусовых веществ и железа, происходит оглеение почвы (образуются фосфаты закисного железа), на ее поверхности появляются разрозненные пятна и прослойки зеленоватого цвета.

Наблюдения показывают, что влияние на почвы водохранилищ многолетнего регулирования с большой амплитудой колебаний уровня менее постоянно, так как в годы с низкими уровнями признаки заболачивания и оглеения на многих участках исчезают или ослабевают; так же влияет большая сработка в безледоставный период водохранилищ сезонного регулирования.

Постоянное затопление территории



48. Мелководный залив Горьковского водохранилища без следов существенного влияния на прибрежную растительность



49. Почвенный профиль на берегу Иваньковского водохранилища
1 — зона периодического затопления; 2 — зона заболачивания (торфянисто-глеевые и торфянисто-подзолисто-глеевые почвы); 3 — зона олуговения (дерново-луговые почвы); 4 — зона оглеения почв в глубоких горизонтах (дерново-сильноподзолистые среднеоглеенные почвы); 5 — неизмененные дерново-сильноподзолистые почвы; 6 — зеркало грунтовых вод

приводит к полной гибели существовавшей ранее наземной растительности, за исключением отдельных видов в зонах мелководного затопления.

В зоне мелководного постоянного затопления и на части территории зоны временного затопления формируется полоса гидрофильных и гигрофильных ассоциаций. На их развитие большое влияние оказывает уровенный режим водохранилища, защищенность от волнения, характер и состав прежней растительности, а также рельеф и грунты дна, химизм воды, наличие в водохранилище растительноядных рыб и т. п. На водохранилищах с большой высотой волн заросли водной растительности на открытых участках побережья практически отсутствуют. Не развивается растительность также при большой сработке, особенно в вегетационный период и при чередовании лет с высокими и низкими уровнями наполнения. В субтропиках, тропиках, и особенно в приэкваториальных районах земного шара, буйно разрастаются водные сорняки: водный гиацинт, водный папоротник, нильский салат и др.

В зонах подтопления древесно-кустарниковая и травянистая растительность по-разному реагируют на изменение увлажненности. Деревья и кустарники, как правило, более чутко, чем травы, реагируют на подъем грунтовых вод и большей частью гибнут при сильном подтоплении.

В зонах умеренного и слабого подтопления водное и минеральное питание, как правило, улучшается и прирост древесины увеличивается иногда на 50—70% (Дьяконов, 1975).

Травянистая растительность изменяется в значительно более узкой полосе, чем древесно-кустарниковая. При сильном подтоплении из травостоя выпадают многие ценные виды трав, например бобовые и многие злаковые, однако другие злаки и в этих условиях развиваются хорошо (полевица белая, мятлик, тимофеевка, лядвенец и др.). Доминируют гигрофиты, в том числе осоки, щучка и др.

При умеренном и слабом подтоплении улучшается не только водный, но и питательный режим, в результате чего увеличивается общая масса таких трав, как костер безостый, овсяница красная, люцерна, полевица белая, мятлик, клевер, тимофеевка, лядвенец рогатый и др. Однако, существенных изменений в условиях произрастания и в видовом составе растительности не наблюдается; более заметны фенологические сдвиги.

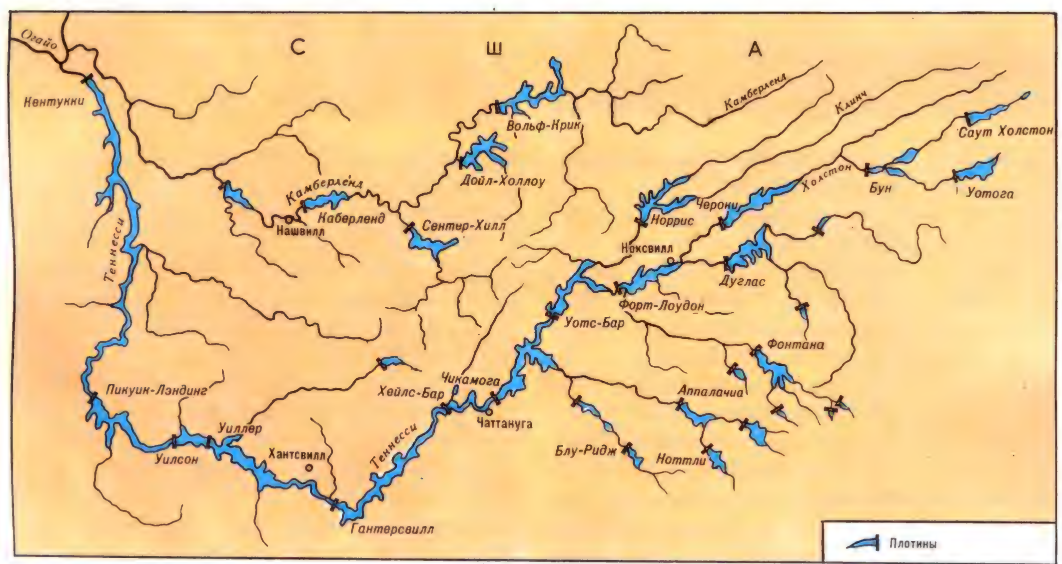
Создание водохранилищ служит причиной существенных изменений не только флоры, но и фауны прилегающих территорий: затопляются территории с разными условиями существования и обеспеченностью кормом. Эти изменения неодинаковы в разных географических зонах. Создание водохранилищ особо ощутимо для животного мира потому, что приводит к затоплению территорий (пойм и долин) с особенно многообраз-

50, 51. Ландшафт долины Гёшенеральп (Швейцария) до и после создания водохранилища Гёшенен

52. Система водохранилищ в бассейне р. Теннесси







ными условиями и богатыми кормовыми ресурсами.

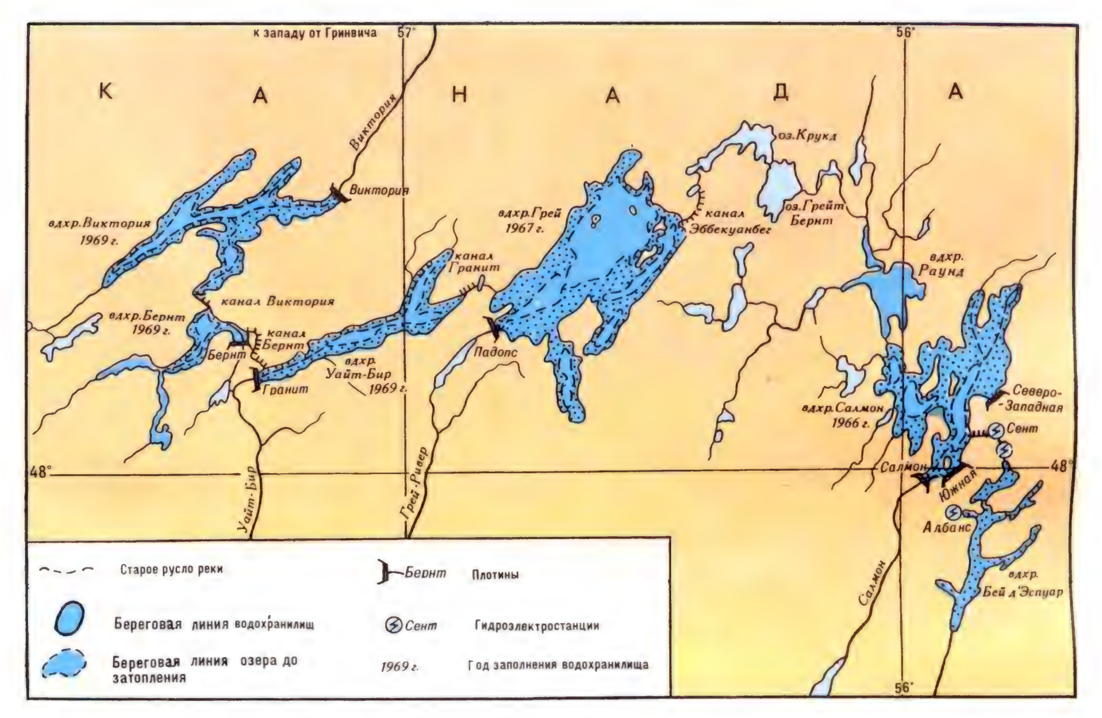
Во время первоначального заполнения водохранилищ заметно снижается численность многих животных из-за массовой гибели молодняка, а зачастую и взрослых особей. В нелесных, особенно пустынных, районах вытесненные из пойменных лесов животные концентрируются в сохранившихся островках лесов и кустарников; из-за недостатка корма и мест для обитания их численность постепенно уменьшается. Водохранилища нарушают и пути миграций животных.

Вместе с тем создание водохранилищ оказывает и благоприятное влияние на животный мир: в засушливых и сухих регионах практически с полным отсутствием постоянных пресноводных водоемов появление водохранилищ делает пригодными для обитания обширные прилегающие территории (наличие водопоев, появление дополнительных растительных кормов по берегам и т. п.). Многие водохранилища стали местами отдыха перелетных птиц, другие — еще и местами постоянного обитания ценных птиц и водных животных.

Появление водной поверхности на месте лесов и лугов, пашен и болот, песчаных и каменистых пустошей кардинальным образом изменяет ландшафт речных долин (рис. 50, 51).

Особенно велики изменения ландшафта при создании каскадов, или систем, водохранилищ на главной реке и ее притоках. Непрерывные каскады водохранилищ имеются на реках Волга, Кама, Днепр, Нижний Выг, Ангара, Нарын, Верхний Рейн, Тахо, Теннесси (рис. 52), Маникуаган, Утард, Ла-Гранд, Ко-

53. Система водохранилищ, питающих ГЭС Бей-д'Эспуар (Канада)



лумбия, Парана, Сан-Франсиску и др. Примерами каскадов с отдельными свободными участками реки могут служить каскады на реках Сырдарья, Дунай, Влтава, Дуэро, Евфрат, Оранжевая, Снейк, Миссури, Колорадо, Грихальва и др. Протяженность каскадов водохранилищ на Волге, Колумбии, Ангаре, Колорадо, Теннесси составляет 1,5—3 тыс. км., на других, меньших реках — более 500 км. Изменяется и гидрографический облик озер (рис. 53).

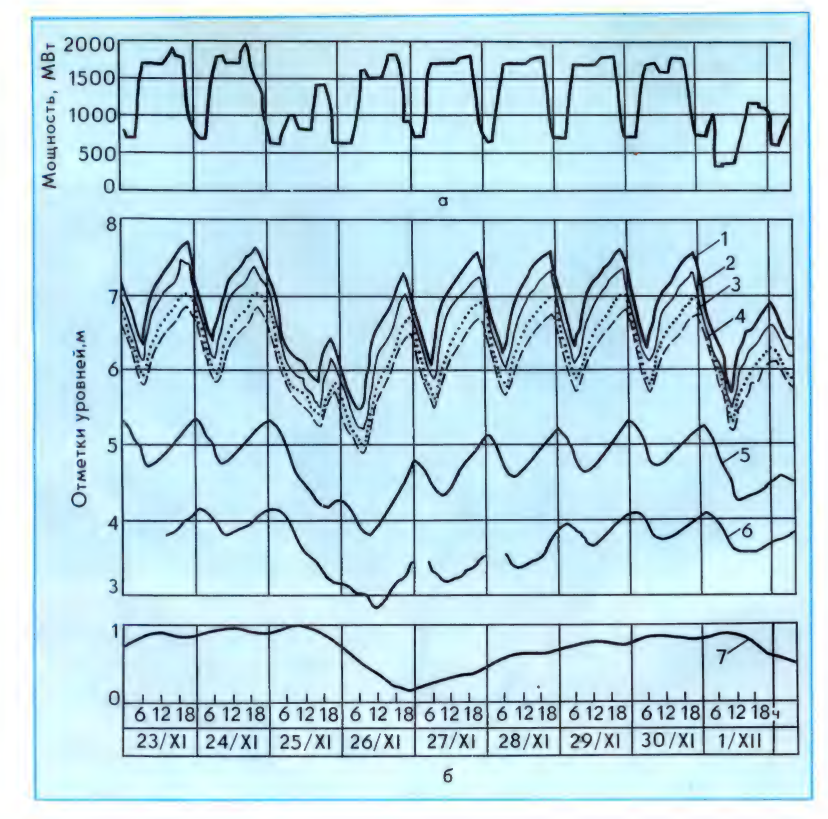
3. ИЗМЕНЕНИЕ ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ В ДОЛИНАХ И ДЕЛЬТАХ РЕК НИЖЕ ВОДОХРАНИЛИЩ

Существенные изменения претерпевает режим расходов и уровней воды в реках и соответственно других гидрологических процессов ниже регулирующих водохранилищ. Сезонное и многолетнее регулирование речного стока вызывает большее или меньшее снижение половодных (паводковых) расходов (рис. 12, 54) и снижение уровней, которое наблюдается ниже крупных водохранилищ на протяжении сотен километров (Волга ниже Волгоградского гидроузла — 500 км, Замбези ниже водохранилища Кариба — около 300 км, Иртыш ниже Бухтарминского водохранилища — 1000 км). Недельное регулирование стока мощными гидроэлектростанциями на больших реках сказывается на уровнях воды на протяжении до 200 км, а суточное регулирование — на протяжении до 80—100 км (рис. 54).

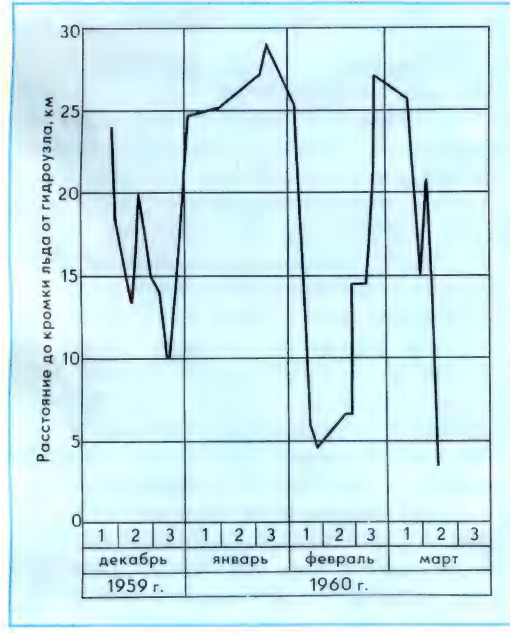
В нижних бьефах гидроузлов на некотором протяжении возникает зона неустановившегося движения воды со сложным режимом уровней, скоростей течений и т. п.; особенно сложен этот режим в нижних бьефах ГЭС при недельном и суточном регулировании.

Водохранилища изменяют, иногда весьма значительно, термический режим рек ниже гидроузлов. Осенью из водохранилищ в нижний бьеф поступает более теплая, а весной более холодная (в среднем на 2—4°) вода, чем в реках. Прогрев воды в реке весной и охлаждение осенью до естественных температур отстают на 5—20 суток. Годовая амплитуда колебаний температуры воды в нижних бьефах по сравнению с естественными условиями уменьшается. По мере удаления от плотины влияние водохранилища уменьшается. Протяженность зоны влияния на температурный режим рек достигает иногда сотен километров (Шарапов, 1968).

54. Режим нижнего бьефа Волгоградского гидроузла при суточном регулировании в ноябре — декабре 1962 г.:
а — мощности гидроэлектростанции;
б — уровни воды в створах учащенных наблюдений;
1 — нижний бьеф,
2 — Баррикады,
3 — Красный Октябрь,
4 — Волгоград, 5 — Красноармейск, 6 — Светлый Яр,
7 — Каменный Яр



55. Движение кромки льда в нижнем бьефе гидроузла зимой



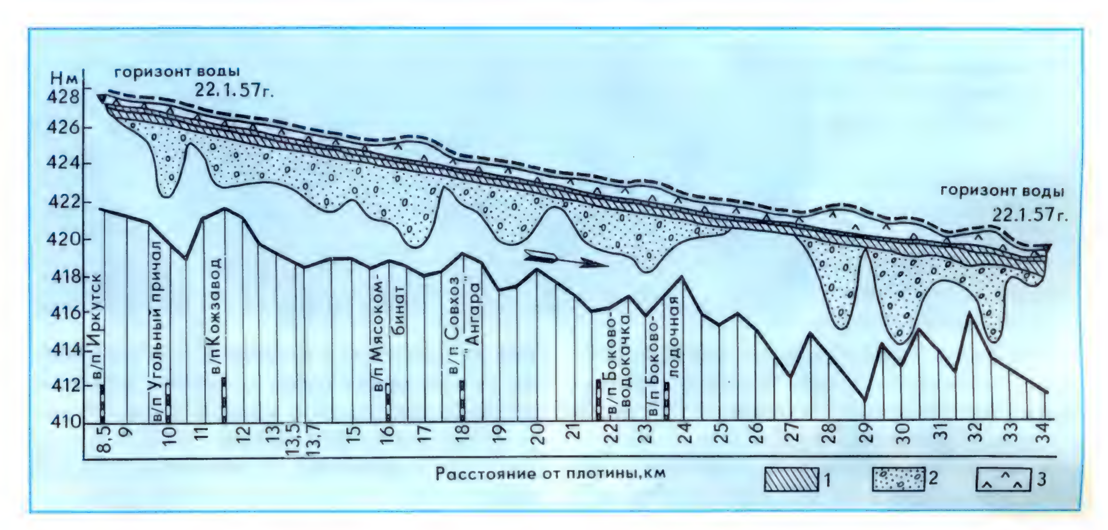
Резкие изменения ледового режима в нижних бьефах гидроэлектростанций обусловлены неравномерностью суточного и недельного режима расходов воды. Температура воды придонных слоев, сбрасываемых из водохранилищ, на 0,5—2,5°С выше температуры поверхностных слоев, поэтому она не замерзает, образуя полынью, размеры которой изменяются в течение зимы. В начале зимы кромка ледового покрова образуется на расстоянии нескольких десятков километров ниже плотины, а затем по мере понижения температуры воздуха приближается к ней. В связи с изменчивостью метеорологических условий и величин сброса воды движение кромки льда отличается большим разнообразием (рис. 55).

Характерна также суточная и недельная периодичность размеров полыньи. При остановке станции на ночь или в субботу и воскресенье полынья замерзает, после пуска энергоагрегатов утром лед взламывается и уносится вниз по течению. Низовья Волги и Днепра в зарегулированных условиях очищаются ото льда раньше, чем в естественных условиях, когда вследствие поступления льда из северных районов ледоходы были более длительными.

В районах с холодным климатом (Сибирь, Дальний Восток, Канада, Аляска) в нижних бьефах в период ледостава нередко возникают зажоры и заторы, вызывающие подъемы уровня воды и существенные затопления поймы реки (рис. 56).

Осаждение в водохранилищах наносов изменяет режим твердого стока в нижних бьефах. В результате нарушаются сложившиеся русловые процессы не только в долинах и дельтах рек, но не-

56. Расположение зажоров на участке нижнего бьефа Иркутской ГЭС 22—26 января 1957 г. (первый год эксплуатации).
1 — лед; 2 — шуга; 3 — торосы; в/п — водомерный пост



редко и на отдельных участках морских берегов, куда не поступают наносы и, следовательно, не образуются отмели.

Непосредственно ниже плотин происходят сильные размывы и углубление русла реки, размытые отложения уносятся вниз по течению и на некотором расстоянии осаждаются, что приводит к образованию новых мелей, перекатов и т. д. Указанные размывы не могут компенсировать потерю твердого стока из-за отложения наносов в водохранилищах; кроме того, основное количество наносов поступало в дельты рек в периоды половодий и паводков, а их масштабы значительно уменьшились после создания водохранилищ. В связи с этим наблюдаются размыв морским волнением и течениями нижних участков дельт ряда рек (Волги, Нила и др.) и размыв морских пляжей близи устьев многих рек, например Куры, Сулака (рис. 57), Риони, Ингури, Тахо, Дуэро, Нила и др.

Ниже регулирующих водохранилищ изменяется и гидрохимический режим — сокращается сток некоторых биогенных веществ, выравнивается химический состав вод по сезонам года и др.

Изменение уровенного режима, твердого стока, термического режима, задержка части биогенного стока в водохранилищах ведут к изменению условий развития водной флоры и фауны рек, их устьев и взморья; наиболее заметно это сказывается на ихтиофауне, поскольку уменьшается биомасса кормовых организмов, ухудшаются условия нереста, нагула, зимовки рыб.

Изменения термического и ледового режима рек ниже крупных водохранилищ, особенно гидроэнергетических, неблагоприятно отражаются на микроклимате речных долин в регионах с суровыми зимами; ниже больших гидроэлектростанций на реках Ангара, Енисей, Тедонган (Ялуцзян) и др. существование полыней вызывает значительное увеличение влажности воздуха, частое образование туманов и т. п. Наличие больших водохранилищ сказывается и на термическом режиме расположенных ниже водохранилищ, как это было на водохранилище Мид на р. Колорадо после заполнения вышележащего водохранилища Поуэлл, в Усть-Каменогорском водохранилище после заполнения Бухтарминского водохранилища.

Значительное влияние оказывает регулирование речного стока водохранилищами также на природу речных долин.

Сравнительно небольших масштабов достигают такие явления, как постоянное затопление (из-за увеличения летне-осенних меженных расходов) узких полос берегов реки и подтопление некоторых участков этих берегов в результате подъема уровня грунтовых вод. Более существенны по размерам и последствиям зимние затопления поймы в нижних бьефах гидроэлектростанций, обусловленные тем, что в зимних условиях русло пропускает меньшие расходы воды по сравнению с летом. Выход воды на пойму при больших расходах вызывает обледенение, что отрицательно сказывается на луговой растительности.



57. Чиркейское водохранилище в Дагестанской АССР

Наибольшие изменения в природе речных долин происходят в связи с меньшим, чем прежде, затоплением пойм в период весеннего половодья в умеренных и полярных поясах Земли. В результате снижения в половодье расходов и уровней воды уменьшается площадь затопления поймы, нередко из-за меньшей продолжительности весеннего половодья сокращается длительность этого затопления, и на части поймы прекращаются увлажнение, удобрение илом почвы и пополнение запасов грунтовых вод.

Поскольку часть поймы не затопляется, это приводит в условиях засушливого климата к засолению почв, так как прекращаются ежегодные весенние промывки почв от солей и не образуется слой подземных пресных вод, который препятствовал бы подъему глубоких засоленных вод.

Прекращение или сокращение длительности весеннего затопления поймы в условиях недостаточного увлажнения приводит к осуходоливанию лугов.

В зонах избыточного увлажнения эти процессы выражены менее резко, поскольку удовлетворительное увлажнение поймы в течение большей части вегетационного периода обеспечивается здесь за счет атмосферных осадков; главной причиной ухудшения травостоя в этих районах служит сокращение количества плодородного ила. В отдельных речных бассейнах этой зоны, например в долине Оби, сокращение сроков затопления поймы может положительно сказаться на продуктивности пойменных лугов.

Положительно оценивается роль водохранилищ в долинах рек с летне-осенними и летними паводками. Прекращение паводковых разливов, приводящих к гибели или угнетению уже сформировавшегося травяного покрова, предотвращение их занесения песком и т. п. позволяют более эффективно использовать пойменные сенокосы и пашни долин таких рек, как Амур, Зея, Бурея в СССР, и других рек в регионах с муссонными ливнями.

Сокращение продолжительности и частоты весенних разливов отрицательно сказывается на развитии обширных зарослей тростника, камыша и других водных растений в дельтах многих рек.

Изменения почвенно-растительного покрова влияют на животный мир речных долин и дельт.

4. ВЛИЯНИЕ ВОДОХРАНИЛИЩ НА ХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ОБЪЕКТЫ И НАСЕЛЕНИЕ

Значение водохранилищ для отраслей хозяйства, в интересах которых они создаются, и отраслей, связанных с использованием водных ресурсов, рассмотрено в гл. II. Здесь мы кратко остановимся на отраслях хозяйства, объекты которых попадают в зоны воздействия водохранилищ из-за своего размещения в речных долинах и озерных котловинах.

В СССР выделяют следующие зоны воздействия создания и эксплуатации водохранилищ на население и хозяйство (Авакян, Шарапов, 1977):

1. Зоны прямого воздействия в верхнем бьефе:

а) зона постоянного затопления — принимается обычно в пределах уреза воды в водохранилище при НПУ с учетом кривой подпора обеспеченностью (вероятностью повторения) 10%;

б) зона периодического временного затопления (между НПУ и линией уреза воды с учетом подпора при прохождении паводков обеспеченностью 0,3% для железных дорог, 1% — для насе-

ленных пунктов, 5% — для сельскохозяйственных угодий);

в) зона эпизодического временного затопления с обеспеченностью меньшей, чем указано в п. «б»; эта зона учитывается только в особых случаях, например при обосновании отметки форсированного уровня водохранилища;

г) зона повышения уровня грунтовых вод (подтопления); предельно допустимой глубиной залегания уровня грунтовых вод считается глубина 1 м для сельскохозяйственных угодий, 2 м — для населенных пунктов, 3 м — для городов и поселков городского типа;

д) зона переформирования берегов водохранилищ; в проектах учитывается перенос объектов из зоны переработки берегов, прогнозируемой на 10-летний период; в зоне прогнозируемой переработки за 50 лет ограничивается капитальное строительство;

е) зона климатического влияния (учитывается в проектной практике пока лишь в особых случаях).

2. Зоны косвенного влияния в верхнем бьефе:

а) зона, выбывающая из прежнего хозяйственного использования по производственно-экономическим соображениям;

б) зона отчуждения под объекты, строительство которых вызывается созданием или эксплуатацией водохранилища.

3. Зоны влияния в нижнем бьефе:

а) зона влияния многолетнего и сезонного регулирования стока рек;

б) зона влияния недельного и суточного регулирования стока рек;

в) зона полного или частичного изъятия стока из реки (при отводе воды из водохранилищ в деривационные водоводы, каналы переброски стока и т. п.).

Все перечисленные выше зоны воздействия водохранилищ на природу и хозяйство прилегающих районов образуют сложные сочетания: на одну и ту же территорию могут оказывать влияние и временные затопления, и подтопление, и изменение климата или многолетнее, сезонное, недельное и суточное регулирование речного стока в нижнем бьефе. В зависимости от сочетания зон в верхнем бьефе, т. е. на побережье водохранилищ, можно выделить несколько крупных комплексных ареалов воздействия водохранилищ, в пределах которых располагаются обычно также и зоны их косвенного влияния:

— ареал сильного влияния включает зоны постоянного затопления, переформирования берегов, часть зоны подтопления (в которой уже в первые годы после заполнения водохранилища проявляется заболачивание и сильное подтопление); ширина этого ареала, если считать от уреза воды при НПУ, на крупных водохранилищах составляет в среднем 0,2—1,0 км, на средних и небольших водохранилищах — десятки метров;

— ареал умеренного и слабого влияния водохранилищ охватывает остальную часть зоны подтопления, зону систематического климатического влияния; ширина этой зоны на крупных водохранилищах в среднем от 2—3 км до 10—15 км, на средних — до 1—2 км.

В нижнем бьефе зона влияния регулирования стока охватывает участок или всю долину и дельту реки, ее протяженность может составлять от нескольких километров для малых и до 300—1000 км — для крупных водохранилищ (Бухтарминского, Куйбышевского, Гордон М. Шрам, Насер и др.); ширина этого ареала определяется в основном шириной пойменной террасы и может колебаться на разных реках от десятков и сотен метров до нескольких километров.

Степень учета всех возможных видов влияния водохранилищ неодинакова в проектах, осуществленных в разное время и в разных странах.

При создании ряда водохранилищ иногда недостаточно тщательно определялись размеры затопления земель и населенных пунктов, не учитывались в полной мере местные социально-экономические условия использования земель в сельском хозяйстве, последствия в нижних бьефах и др. В колониальных и развивающихся странах это обусловливалось разными причинами: пренебрежительным отношением зарубежных монополий и колониальных властей к интересам коренного населения, наличием значительного фонда неосвоенных земель, экономией средств на изыскательские работы и научные исследования и т. п. (Scudder, 1969, 1975; Кинауи, Шенуда, 1975, и др.). В развитых капитали-

стических странах такие ситуации более редки; там существует система законодательной охраны частной собственности, более квалифицированно разрабатываются проекты; за любой объект, попадающий в зоны влияния водохранилищ, и иной наносимый ущерб инициаторы строительства гидроузла и водохранилища должны платить.

В социалистических странах тщательный учет всех возможных побочных последствий создания водохранилищ исходит из самой природы социалистического общества — заботы о планомерном развитии хозяйства, о благе народа и охране окружающей среды.

Сводные данные о масштабах нарушений, вызываемых созданием водохранилищ в хозяйстве затопляемых и прилегающих территорий, по большинству стран, к сожалению, отсутствуют; такие данные имеются лишь по отдельным странам (СССР, отчасти Индия, Чехословакия) и по некоторым каскадам и водохранилищам в остальных странах (Авакян, Шарапов, 1977; TVA Annual Report..., 1950, 1969; Влтавский каскад, 1969, и др.).

Воздействие водохранилищ на сельское хозяйство районов, прилегающих к реке в зоне подпора и в нижнем бьефе плотин, в основном, заключается в следующем: изымаются сельскохозяйственные угодья из-за затопления, подтопления, переработки берегов; ухудшаются качество или условия использования сельскохозяйственных угодий; изменяются условия орошения, водоснабжения и др.; нарушается внутрихозяйственное землеустройство землепользований (в том числе севообороты); изменяются межхозяйственные транспортные, экономические, культурно-бытовые и другие связи в результате нарушения сети коммуникаций и переноса населенных пунктов, предприятий по переработке сельскохозяйственной продукции, баз ремонта и снабжения.

Изъятие земельных угодий под водохранилища достигло весьма внушительных величин. Об общей площади изъятых земель приближенно можно судить по площади водного зеркала водохранилищ (без учета озер, находящихся в подпоре), поскольку в среднем 90—95% этой площади приходится на затопленную сушу. Площадь земель, изымаемых в связи с их подтоплением, переформированием берегов и т. п., составляет примерно 5—10% от площади затопления; площадь, отчуждаемая для размещения переносимых объектов, может достигать до 10—15% от площади затопления. Поэтому в целом площадь изымаемых земель превышает площадь водного зеркала (без больших озер). В настоящее время в связи с созданием водохранилищ (с учетом подготавливаемых) в мире изъято не менее 35 млн. га земель, в том числе в Европе — 4,5 млн., в Азии — 8,5 млн., в Африке — 4,0 млн., в Австралии — 0,3 млн., в Северной Америке — 13,0 млн., в Южной Америке — 5, 5 млн. га.

Структура изымаемых земель практически не освещена в зарубежной литературе, если не считать кратких и разрозненных данных по отдельным водохранилищам. По СССР имеются достоверные данные, показывающие, как изменяется структура затопляемых угодий в разных природных и экономических условиях, на разных участках водохранилища. Они позволяют установить следующие закономерности. Наибольший удельный вес среди изъятых сельскохозяйственных земель занимают естественные кормовые угодья, причем в районах с избыточным увлажнением (зоны лесов и лесостепи) преобладают сенокосы, в аридных районах — пастбища. На разных участках водохранилища структура угодий также неодинакова — чем ближе к плотине, тем ниже удельный вес сенокосов и выше доля пашни, усадеб, пастбищ, садов.

Хотя создание крупных водохранилищ связано с затоплением значительно больших по абсолютной величине площадей земель, они выгоднее малых и средних водохранилищ по удельным затратам земельной площади на единицу запаса воды. Об этом свидетельствуют данные табл. III-1.

Влияние подтопления на сельское хозяйство в различных природных зонах оценивается неодинаково. Во влажных зонах оно, как правило, усиливает естественное высокое увлажнение почв и имеет отрицательные последствия для их плодородия и урожайности сельскохозяйственных культур. В зонах недоста-

точного увлажнения подтопление в ряде случаев может быть благоприятным для получения более высоких и устойчивых урожаев, если не сопровождается подъемом минерализованных вод и засолением почв. Положительное влияние подтопления земель отмечается, например, в долине р. Арканзас (США) и в долинах некоторых рек Европы и Азии. В ряде случаев проводят специальные мероприятия для создания подпора грунтовых вод, чтобы вызвать дополнительное подпочвенное орошение земель (как, например, на осушительных системах с двойным регулированием уровней грунтовых вод).

В нижних бьефах гидроузлов с водохранилищами многолетнего и сезонного регулирования на сельское хозяйство влияют изменения режима обводнения и удобрения илом пойменных лугов в периоды половодья, зимние затопления, нарушения транспортных связей с поймой.

Сокращение высоты и длительности половодий и изменение их сроков приводят к осуходоливанию лугов, при котором снижаются кормовая ценность травостоя и его урожайность, а также усиливается их зависимость от метеорологических условий. Прекращение или уменьшение отложений плодородного ила также ведет к снижению урожайности сельскохозяйственных культур и трав. Превращение заливных лугов в суходольные наблюдается в долинах многих зарегулированных рек Советского Союза, Канады, США и других стран с половодным режимом стока.

За рубежом наибольшее внимание из указанных последствий для сельского хозяйства привлечено к проблеме уменьшения удобрения пойменных земель плодородным илом. Это обусловлено тем, что в аридной зоне многие речные долины наиболее благоприятны для выращивания сельскохозяйственных культур благодаря наличию воды и плодородных земель, ежегодно удобряемых илом. К таким плодородным оазисам, где возможно интенсивное использование земли с получением 2-х, а иногда и 3-х урожаев в год, относятся долины Нила, Тигра, Евфрата, некоторых рек Индии, Юго-Восточной Азии, Китая и др. При больших и особенно катастрофических паводках хозяйство и население этих долин терпит большой ущерб (нередко гибнут люди), однако на протяжении многих тысячелетий человек приспосабливался и боролся с вредными воздействиями наводнений, не желая покидать плодородные земли.

Влияние водохранилищ на населенные пункты и предприятия, пути сообщения и другие элементы инфраструктуры в СССР и за рубежом не имеет принципиальных отличий. Воздействие водохранилищ на населенные пункты и коммуникации весьма разнообразно: затопление, подтопление, обрушение прибрежных участков и др. Влияние водохранилищ на население в ряде стран оказалось наиболее острой среди проблем, связанных с их созданием. Это влияние также многообразно и отражается на разных сторонах жизни и трудовой деятельности населения, проживающего в речных долинах и озерных котловинах.

Наибольшее влияние на население оказывают сама эвакуация жителей из зон воздействия водохранилища и изменение социально-экономических условий их жизни. В связи с относительно более плотным заселением большинства долин рек и озерных котловин по сравнению с водораздельными районами создание в них водохранилищ, особенно крупных, приводит к необходимости переселения большого числа людей. Из зон

Таблица III-1

Отношение площади водохранилищ к их полному объему (га/млн. м³)

Страны	*Группы водохранилищ по полному объему, млн. куб. м*							
	до 10	*10—50*	*50—100*	*100—1 000*	*1 000—10 000*	*10 000—20 000*	*25 000—50 000*	*более 50 000*
СССР	36,0	—	—	19,9	13,3	8,6	7,7	4,6
США	—	—	—	16,2	10,4	3,4	3,4	—
Польша	54,8	27,8	18,1	12,8	—	—	—	—

водохранилищ уже переселено более 10 млн. человек. Представление о масштабах переселения в связи с созданием отдельных водохранилищ дает табл. III-2.

Плотность населения в зонах затопления водохранилищ различна — от нескольких человек на 1 кв. км до сотни и более. Для большинства крупных водохранилищ мира характерна плотность населения 10—40 чел./км^2, исключение представляют водохранилища, созданные в слабо освоенных районах (Зейское, Усть-Илимское, Хантайское, Даниел-Джонсон, Гордон М. Шрам, Брокопондо и др.) или, наоборот, в плотно заселенных районах Китая, Индии, Пакистана, Европы и др., где на 1 кв. км проживает иногда до 1000 и более человек.

Отмечаются большие различия в воздействии водохранилищ на населенные пункты и население в отдельных географических районах. Например, в лесных, пустынных и отчасти горных районах в зоны воздействия водохранилищ попадают почти все населенные пункты данного участка речной долины и прилегающей к нему территории, поскольку население, обрабатываемые земли и промышленность в таких зонах размещены вблизи рек. В регионах со сплошным освоением территории такого сильного влияния на население водохранилища не оказывают. Неоднороден и характер воздействия на населенные пункты на разных участках водохранилищ.

Таблица III-2

Количество переселенных жителей при создании некоторых водохранилищ

Переселенное население, тыс. чел.	*Водохранилища*
Более 100	Саньмынься, Куйбышевское, Кременчугское, Насер, Рыбинское
50—100	Гобиндсагар, Мангла, Вольта, Братское, Косу, Кариба, Красноярское, Собрадинью
25—50	Каховское, Цимлянское, Нагарджунасагар, Бухтарминское, Кабора-Басса, Горьковское, Каневское, Киевское, Шаравати, Новосибирское, Чебоксарское, Джердап
10—25	Кебан, Мигель-Алеман, Саратовское, Токтогульское, Изворул-Мунтелуй, Иваньковское, Норрис, Маюракши, Усть-Илимское, Кентукки и др.
5—10	Пантабауган, Фурнас, Саянское, Байкальское, Фонтана, Паранаиба, Брокопондо, Араксинское, Лонг-Солт, Липтовска Мара, Краснодарское, Капчагайское и др.

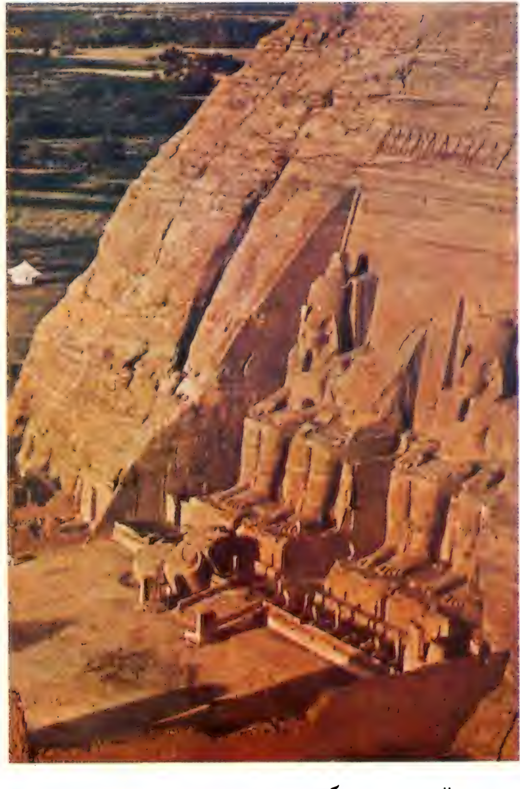
В нижних бьефах гидроузлов влияние водохранилищ на населенные пункты и население чаще носит положительный характер благодаря устранению наводнений, увеличению водности реки в межень и т. д. Вместе с тем нередко происходят и неблагоприятные явления, например резкое сокращение стока в реке из-за отвода воды в деривационные, отводные и другие каналы, нарушение переправ при образовании полыньи и ниже гидроэлектростанций, возникновение (в районах с суровыми зимами) над полыньей туманов и т. п.

На социально-экономические условия жизни людей влияют также изменения сети путей сообщения, организация судоходства по водохранилищу и другие последствия, которые могут сказываться и положительно и отрицательно.

Создание и эксплуатация водохранилищ оказывают значительное влияние и на состояние здоровья населения; это особенно характерно для стран, расположенных в экваториально-тропических областях планеты, где природные условия благоприятствуют размножению возбудителей и переносчиков некоторых инфекций, а уровень коммунального и медицинского обслуживания населения пока еще недостаточно высок.

Так, в некоторых районах Юго-Восточной Азии увеличение вылова рыбы после наполнения водохранилищ привело к распространению гельминтозных заболеваний (шистосоматоз, описторхоз и др.), поскольку рыба здесь нередко потребляется местными жителями в сыром виде. Вблизи многих водохранилищ и на орошаемых массивах, расположенных в тропических и субтропических районах, создалась обстановка для увеличения заболеваний шистосоматозом. Здесь возникли условия для обитания улиток — промежуточных хозяев возбудителя этой болезни. В зонах орошения, заболачивания прибрежных земель про-

58. Древнеегипетский храм Абу-Симбел, попавший в зону затопления водохранилища Насер (вид после восстановления на новом месте)



59. Средневековый Арслангичев мост через р. Нeретва, которому угрожало затопление при строительстве водохранилища. Вид после восстановления моста на новом месте как историко-архитектурного памятника (Югославия)



исходит иногда рост заболеваний малярией. В СССР первичные заболевания малярией практически прекратились в результате систематической борьбы с этой болезнью. В некоторых странах Африки отмечается расширение ареала распространения мухи цеце, переносчика сонной болезни. В то же время заболевания онхоцеркозом после создания ряда водохранилищ уменьшились, поскольку сократились речные участки, благоприятные для выплода мошки — переносчика этого заболевания (Водохранилища мира, 1979).

Влияние водохранилищ на небольшие предприятия, расположенные в населенных пунктах, не отличается принципиально от охарактеризованного выше воздействия водохранилищ на населенные пункты в целом. На средних и крупных предприятиях, значительное затопление которых обычно не допускается (они служат важным фактором определения отметок НПУ), в зоны воздействия водохранилищ обычно попадают отдельные сооружения, тяготеющие к реке: водонасосные станции, канализационные выпуски, склады, причалы и т. п., а также сильно заглубленные в землю части подземного хозяйства (подтопление подвалов, подземных коммуникаций и т. п.).

С созданием водохранилищ нарушается работа сплавных рейдов, изменяются условия хранения на воде древесины для целлюлозно-бумажных и других предприятий; подпор воды иногда выводит из строя небольшие гидроэлектростанции на притоках. Некоторые предприятия лишаются сырьевой базы, например залежей нерудных ископаемых (глин, песка, известняков и др.), запасов древесины, находящихся в зоне затопления.

В нижних бьефах гидроузлов влияние водохранилищ на промышленные предприятия проявляется в первую очередь в ликвидации или уменьшении потерь от наводнений. В зоне суточного и недельного регулирования ниже крупных и средних гидроэлектростанций усложняется работа судоремонтных и судостроительных предприятий из-за резких колебаний уровня, зимних затоплений и др.

Долины рек, как правило, обладают густой сетью путей сообщения. Вдоль многих рек идут важные железные и шоссейные дороги, а в горных и пред-

горных районах они проходят полностью в долинах рек. Дороги и нефтепроводы пересекают реки. Многие водохранилища затопляют участки железных дорог, и приходится строить объездные пути и мосты. Возникает также необходимость переустройства крупных железнодорожных мостов из-за уменьшения подмостовых габаритов на судоходных реках, вспомогательных сооружений железных дорог (водокачек, карьеров, складов) или внутризаводских и портовых железнодорожных путей.

Автомобильные дороги разных категорий попадают в зоны воздействия почти всех водохранилищ. Основная часть затопляемых автодорог — областного, районного и местного значения. В отдельных случаях сами дороги не затопляются, но теряют свое значение в связи с затоплением объектов, к которым они вели (лесовозные дороги к нижним складам леспромхозов, дороги к пристаням, внутрихозяйственные).

Регулирование стока водохранилищами сказывается на автомобильном и железнодорожном транспорте в нижнем бьефе в связи с ликвидацией наводнений. Суточное регулирование затрудняет эксплуатацию паромных переправ, что в немалой степени способствует ускорению строительства капитальных автодорожных мостов.

В зоны затопления, переработки берегов, подтопления попадают сооружения многих других видов транспорта — водного, трубопроводного, воздушного, а также линии и сооружения электроснабжения и связи. Водохранилищами ныне действующих в СССР ГЭС газопроводы и нефтепроводы почти не затрагивались.

Создание водохранилищ влияет также на условия работы водного транспорта, лесосплава, на сохранность исторических и архитектурных памятников, на другие рекреационные объекты (рис. 58, 59) и условия отдыха в речных долинах и озерных котловинах.

Из изложенного выше видно, что воздействие водохранилищ на техногенные компоненты окружающей среды весьма значительно. Это воздействие многообразно и неодинаково в разных географических регионах, в верхних и нижних бьефах гидроузлов, на разных участках каждого водохранилища.

Глава четвертая

МЕРОПРИЯТИЯ, СВЯЗАННЫЕ С СОЗДАНИЕМ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОДОХРАНИЛИЩ

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕРОПРИЯТИЙ, ОСУЩЕСТВЛЯЕМЫХ ПРИ СОЗДАНИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОДОХРАНИЛИЩ

Как видно из изложенного выше, создание и эксплуатация водохранилищ вызывают многообразные, нередко значительные, изменения в природе и хозяйстве более или менее обширных территорий. В целях предотвращения нежелательных последствий и максимального использования положительного эффекта создания водохранилищ в период строительства гидроузлов и в последующий период их эксплуатации проводятся комплексы мероприятий.

При создании водохранилищ помимо строительства плотины и связанных с ней сооружений (гидроэлектростанций, шлюзов, рыбоходов, водозаборов и т. п.) требуется проведение больших работ по переселению жителей, по переустройству и переносу затрагиваемых объектов хозяйства, по охране природы и подготовке водохранилища к использованию.

Мероприятия, проводимые в зоне водохранилища и в нижнем бьефе гидроузла, подразделяются на две группы:

— мероприятия по предотвращению, компенсации или смягчению нарушений, вносимых водохранилищами в природные условия и хозяйственную жизнь районов;

— мероприятия по подготовке к рациональному использованию водных, биологических и других ресурсов реки в верхнем и нижнем бьефах.

В настоящее время выявилась необходимость не только сохранения или восстановления того состояния природы и хозяйства, которое имело место до создания водохранилища, но и проведения ряда мероприятий по целенаправленному преобразованию (оптимизации) как природных, так и антропогенных компонентов окружающей среды.

В состав мероприятий первой группы входят:

— инженерная защита территорий и отдельных объектов (населенных пунктов, сельскохозяйственных земель, предприятий, участков берега, мостовых переходов и т. д.) (рис. 60);

— восстановление фонда сельскохозяйственных угодий путем освоения неиспользуемых земель, интенсифика-

60. Система инженерных защитных сооружений на водохранилище Зимбах-Браунау на р. Инн (ФРГ и Австрия)



ция использования имеющихся сельскохозяйственных угодий, восстановление теряемой сельскохозяйственной продукции и землехозяйственное переустройство сельскохозяйственных предприятий в новых условиях;

— восстановление населенных мест и основных их фондов (путем их переноса, нового строительства, благоустройства и т. д.);

— переселение жителей и их социально-экономическое устройство на новых местах;

— переустройство промышленных предприятий;

— восстановление или переустройство инфраструктуры (объектов транспорта, складского хозяйства и т. п.);

— восстановление рекреационных и санаторно-курортных объектов;

— сохранение (переустройство или перенос) исторических и архитектурных памятников, исследование археологических памятников (рис. 61, 62);

— восстановление лесных, рыбных, охотничьих и других ресурсов, изъятие из затопляемой зоны плодородного почвенного слоя, запасов древесины, торфа, полезных ископаемых или обеспечение условий их дальнейшего использования;

— предотвращение ухудшения качества воды: очистка ложа от деревьев и кустарников, удаление загрязняющих веществ, строительство очистных сооружений, создание водоохранных зон и т. п.

Использование водохранилищ как новых водоемов различными отраслями хозяйства требует проведения комплекса мероприятий как общего, так и отраслевого характера. В интересах отдельных отраслей проводятся:

— транспортное освоение водохранилищ (строительство портов, пристаней, устройство навигационной обстановки, дноуглубление и др.);

— рыбохозяйственное освоение водохранилищ (подготовка рыбопромысловых участков, строительство рыбодобывающей базы, зарыбление, акклиматизация кормовых организмов и др.);

— строительство водозаборных сооружений в интересах ирригации, водоснабжения и т. д.;

— устройство рекреационных объектов;

— инженерное обустройство акватории и береговых зон в целях рационального использования каждого из участков водохранилищ;

— мероприятия эксплуатационного характера (рыбохозяйственные, сельскохозяйственные, судоходные, санитарные попуски и др.).

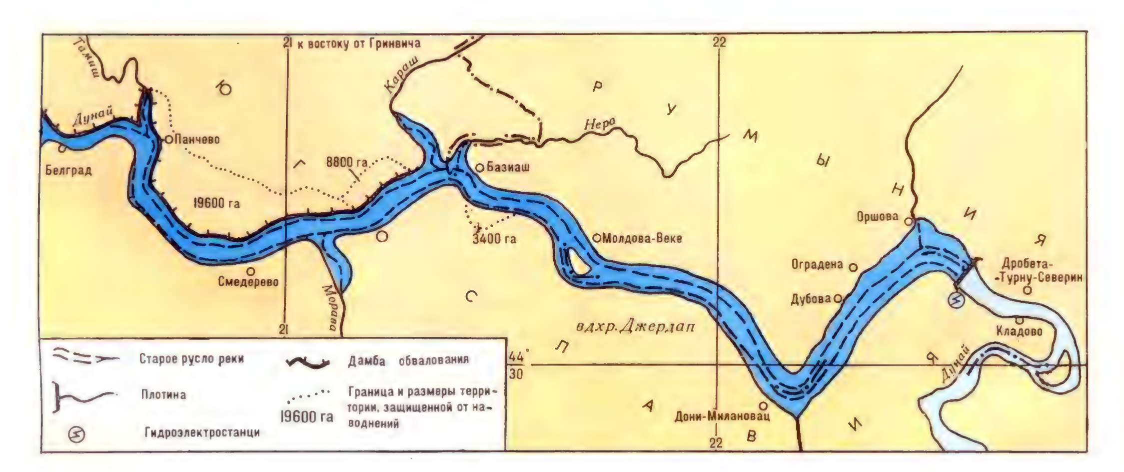
В целях законодательного регламентирования создания водохранилищ в нашей стране принят ряд постановлений Совета Министров СССР, а также действуют различные инструктивно-методические документы. Это позволило добиться объективного и единообразного подхода к проектированию водохранилищ.

Важное значение имеют схемы районной планировки, на основе которых разрабатываются проекты мероприятий, подлежащих выполнению до и после создания водохранилищ. В зарубежной практике также известен ряд примеров разработки подобных планово-проектных материалов, например план развития бассейна р. Теннесси (США), план развития долины р. Вольта (Гана), Дельта-план (Нидерланды) и др.

Опыт проектирования и осуществления мероприятий, обусловленных созданием водохранилищ, достаточно подробно изучен и обобщен в СССР.

По зарубежным странам обобщающих монографических работ практически не имеется. Но по некоторым опубликованным материалам все же можно составить представление о методике проектирования, организации и производства работ по подготовке водохранилищ и их каска-

61. Схема водохранилища Джердап на р. Дунай (Югославия и Румыния)



дов. Одним из таких источников можно считать отчеты Управления долины Теннесси, свидетельствующие о достаточно высоком уровне подготовки водохранилищ в США еще в 30—40-х годах нашего столетия. При этом наряду с мероприятиями по выкупу земель, переустройству дорог, лесоочистке и т. п. производились такие специальные работы, как опытная посадка деревьев, дренаж заболоченных участков перед лесоочисткой и др. (TVA Annual Report..., 1956).

Усиление комплексного подхода к проектированию и созданию водохранилищ за последние десятилетия наблюдается во многих социалистических, а также в некоторых развивающихся странах, преимущественно в тех из них, которые стали на путь достижения экономической независимости и социального прогресса. Этому в немалой степени способствовали все расширяющееся рассмотрение проблем создания водохранилищ на различных международных форумах, активная помощь отдельным странам в этих вопросах со стороны международных организаций (ФАО, ВОЗ, ЮНЕСКО и др.) и стран, накопивших наибольший опыт в области проектирования и строительства плотин и водохранилищ (СССР, США, Италия, Швейцария, Франция, Испания и др.).

Организацию и осуществление проектно-изыскательских работ по гидроузлам и водохранилищам проводят в основном акционерные общества и компании, намечающие строительство того или иного гидроузла с привлечением строительных фирм, научно-исследовательских и проектных организаций. Лишь в некоторых капиталистических странах большинство проектов разрабатывается государственными организациями (например, во Франции государственные общества Electricite de France, Companie Nationale du Rhône, в США — Корпус военных инженеров, Бюро мелиорации и Федеральная энергетическая комиссия, а также бассейновые управления типа TVA). В развивающихся странах проектно-изыскательские работы, как правило, выполняют зарубежные фирмы и институты, среди которых — проектные институты СССР и других социалистических стран.

Строительные и другие работы, связанные с созданием водохранилищ, производятся в капиталистических (за исключением таких стран, как Франция, Австралия, США и некоторые другие) и развивающихся странах также преимущественно частными строительно-монтажными фирмами.

Иная организация проектных и строительных работ характерна для социалистических стран. Здесь существуют государственные проектные организации: Гидропроект, Союзгипроводхоз, Росгипрозем, Гидрорыбпроект и др. — в СССР; Гидропроект, Водпроект, Водоканалпроект, Энергопроект — в Болгарии; Гидропроект и др. — в Польше; Энергопроект — в Югославии; Институт водохозяйственного планирования и др. — в Венгрии; Народное предприятие «Проектирование водного хозяйства» и др. — в ГДР. В каждой из социалистических стран существуют также государственные строительные организации: Водстрой и др. — в Болгарии, «Водни став-

62. Средневековый замок Орлик на р. Влтава, для защиты которого от обрушения проведены сложные гидроизоляционные и берегоукрепительные работы (Чехословакия)



бы», «Гидростав» и «Инстав» — в Чехословакии и т. д. Лишь небольшие водохранилища сооружаются отдельными промпредприятиями, сельскохозяйственными кооперативами, муниципалитетами.

Анализ разрозненных данных о проектировании и создании водохранилищ, особенно в развивающихся странах, свидетельствует о прогрессе в этой области за последние десятилетия и вместе с тем о наличии ряда недостатков. Характерным примером недостаточного внимания к вопросам подготовки водохранилища может служить гидроузел Кариба на р. Замбези в Африке. Иностранные компании, строившие в 60-х годах гидроузел, стремились всемерно удешевить проект за счет сокращения расходов на возмещение ущерба местному хозяйству и населению, а ставшая независимой Замбия (в ее пределах располагалась левобережная часть зоны затопления) имела тогда очень ограниченные финансовые и материальные возможности. В Замбии компенсация для переселенцев из зоны затопления оказалась незначительной, но им все же были предоставлены небольшие земельные участки и продовольственная помощь. В Южной Родезии (ныне Республика Зимбабве), которой принадлежала правобережная часть зоны затопления, переселенцам из племени тонга не было оказано никакой помощи, кроме освобождения на два года от налогов, и это привело к сокращению численности населения от голода и болезней (Dams in Africa, 1968). Практически никаких мероприятий не запроектировали и в связи с подъемом уровня оз. Виктория в результате строительства гидроузла Оуэн-Фолс на р. Виктория-Нил.

Некоторые мероприятия и до сих пор намечаются недостаточно обоснованно, а иные совсем не проводятся. Так, при проектировании водохранилища Каинджи (Нигерия) не были в полной мере исследованы перспективы рыбного хозяйства, выделены ограниченные средства на лесосводку и лесоочистку, в результате этого возникли затруднения в развитии рыболовства (Cheret, 1973).

При проектировании других водохранилищ в Африке (Вольта, Насер, Косу) благодаря учету негативного опыта дру-

гих стран и помощи международных организаций были проведены более широкие исследования природных, экономических, социальных, демографических, этнографических, санитарно-гигиенических условий и осуществлен разносторонний комплекс мероприятий (Dams in Africa, 1968). Например, при подготовке водохранилища Насер учитывались проекты орошения земель, строительства поселков и дорог, в целом обеспечивших благоприятные условия жизни переселенцев.

Важный вопрос — определение сметной стоимости мероприятий, вызываемых созданием водохранилищ, и выявление источников их финансирования. В СССР эти затраты объективно делятся на пять групп:

1) затраты на ликвидацию отрицательных последствий для хозяйства;

2) затраты на сохранение природных ресурсов и охрану природы;

3) затраты на подготовку водохранилищ в интересах здравоохранения и охраны качества воды;

4) затраты на мероприятия по использованию водохранилищ в интересах отдельных отраслей народного хозяйства;

5) затраты на целесообразные или неизбежные мероприятия по расширению, модернизации или новое стоительство различных объектов в связи с изменением хозяйственной обстановки, нормативов строительства и т. д.

В настоящее время признается необходимой реконструкция затрагиваемых населенных пунктов, предприятий, транспортных и других объектов в связи с коренной ломкой хозяйственных и прочих условий в зоне влияния водохранилищ, нередко утверждаются отдельные сметы на реконструктивные мероприятия за счет заинтересованных министерств и ведомств.

В зарубежной практике гидротехнического стоительства методика определения стоимости мероприятий и их финансирования зависит от социально-политических и экономических особенностей государства. В социалистических странах с плановым хозяйством финансирование создания водохранилищ производится преимущественно за счет государственного бюджета или бюджетов заинтересованных министерств, ведомств, местных органов власти. Аналогичный порядок существует и в тех развивающихся странах, где высок удельный вес государственного сектора в экономике.

В капиталистических и многих развивающихся странах финансирование производится, как правило, из двух источников: за счет государственного бюджета и (что бывает чаще) из средств соответствующих монополий. Во многих развивающихся странах созданию водохранилищ способствует помощь таких международных организаций, как ФАО ООН (Food and Agriculture Organization of United Nations) — продовольственная и сельскохозяйственная организация, «Программа развития при ООН» (United Nations Development Programm — UNDP), Мировой банк (World Bank).

Затраты на подготовку водохранилищ составляют весьма существенную часть общих капиталовложений в строительство гидроузлов (особенно водохранилищ многолетнего и сезонного регулирования на равнинных реках в обжитых районах). Так, для СССР удельный вес затрат на эти мероприятия составляет в среднем 20—40% стоимости гидроузла, в США по водохранилищам в бассейне р. Теннесси — 40%. В горных, предгорных, а также в малообжитых равнинных районах удельный вес этих затрат значительно ниже (если на участке подпора не сконцентрированы какие-либо ценные объекты — ирригационно освоенные земли, транспортные коммуникации, крупные населенные пункты и т. п.). Примером могут служить водохранилища в Канаде, Скандинавии, Сибири и на Дальнем Востоке, в пустынных районах Африки, Ближнего Востока, в лесных районах некоторых тропических стран, а также большинство водохранилищ в Альпах, Пиренеях, Кордильерах и других горных районах. В Швеции, где водохранилища создаются преимущественно путем подпора озер, затраты на подготовку водохранилищ ряда гидроузлов (Стурнуфорс, Чилфорсен, Харспронгет, Порси и др.) составили в среднем 11% капиталовложений, в Финляндии по каскаду ГЭС на р. Оулуйоки — 12% общих затрат.

Относительно низкий удельный вес

затрат по подготовке водохранилищ в общей стоимости гидроузлов характерен для большинства западноевропейских государств. Это обусловливается тем, что от строительства плотин, вызывающих большие затопления, здесь, как правило, отказываются. Поэтому в целом на мероприятия, связанные с подготовкой водохранилищ, в зарубежной Европе расходуется меньшая доля капиталовложений в гидроузлы, чем в СССР, США и других странах с крупными водохранилищами. Мероприятия по подготовке водохранилищ при строительстве Влтавского каскада составили в среднем 8% от общей стоимости гидроузлов, максимальные по водохранилищу Липно — 15,5% (Влтавский каскад, 1969). Вместе с тем можно указать на ряд гидроузлов в Европе, по которым эти затраты составили весьма значительную часть общей стоимости гидроузла; таковы крупные водохранилища Кишкёре (Венгрия), Марна (Франция), Изворул-Мунтелуй (Румыния), Джердап (Румыния, Югославия). По гидроузлу Джердап доля этих затрат составила около 30% общей стоимости (Djordjevič Purič, 1970), по проектируемому водохранилищу Кастенрейт на р. Энс (Австрия) и по ряду водохранилищ в Рурском бассейне (ФРГ) — до 65% (Kolnig, 1971), по ГЭС Бергенфорсен в Швеции — почти 40%.

Структура затрат на создание водохранилищ зависит от природных и экономических условий района (в первую очередь от степени сельскохозяйственного освоения речной долины, ее заселенности и застроенности, системы путей сообщения и т. д.), параметров водохранилища и характера его будущего использования (числа и состава компонентов водохозяйственного комплекса, их требований к подготовке ложа и т. д.), а также от политико-социальных условий в данном государстве (методов и степени компенсации затопляемых объектов, учета интересов местного населения и др.). Так, в плотно заселенных сельскохозяйственных районах большой удельный вес составляют затраты по компенсации сельскохозяйственных угодий и по переустройству населенных пунктов или их инженерной защите, в промышленно освоенных районах — затраты на защиту и переустройство жилищно-коммунальных объектов, промышленных предприятий, транспортных сооружений.

В большинстве развитых капиталистических стран большой удельный вес в стоимости водохранилищ имеют затраты на компенсацию изъятых земель, что связано с постоянным возрастанием их стоимости. Так, по водохранилищам Кентукки и Пиквик-Лэндинг на р. Теннесси эти затраты составили около 30% общей стоимости мероприятий. В лесных районах значительных затрат требуют лесосводка и лесоочистка, на судоходных реках большие средства идут на строительство портов и подготовку судового хода, в горных долинах, где подпор зачастую вызывает затопление дорог, необходимы капиталовложения в переустройство путей сообщения.

Из общих особенностей проектирования водохранилищ все большее внимание придается размерам вызываемых нарушений и их денежной оценке, так как от них зависит выбор варианта решения задачи (ГЭС, ТЭС или АЭС, обвалование поймы или создание противопаводкового водохранилища и т. д.) и выбор схемы водохозяйственных сооружений (одно большое или несколько меньших водохранилищ, выбор отметки НПУ и т. д.). Предпочтение отдается вариантам, обеспечивающим существенное снижение размеров нарушений в природе и хозяйстве.

В ряде стран крупные и средние водохранилища предпочитают не создавать вообще, хотя они позволили бы кардинально решить проблему развития водного хозяйства. Так, в Венгрии созданию водохранилищ препятствуют неблагоприятные топографические и геологические условия, особенно в бассейне р. Тисы. Не создают сколько-нибудь значительных водохранилищ в Великобритании, ФРГ, ГДР, Италии и др.

Большое внимание уделяется и резервированию территорий под будущие водохранилища. В Чехословакии в зоне будущего канала Дунай—Одра—Лаба (на трассе которого предполагается создать несколько водохранилищ) запрещено капитальное строительство, с тем чтобы на отчуждения не потребовалось в будущем значительных средств. В США Бюро земельных фондов каждые два года проводит проверку резервиро-

ванных земель с целью исключения неперспективных для гидростроительства участков. К 1965 г. для нужд гидростроительства было резервировано более 6,4 млн. га; почти все крупные водохранилища построены на резервированных ранее землях (Sax, 1966).

2. ИНЖЕНЕРНЫЕ ЗАЩИТНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

Основные виды инженерной защиты — обвалование территории (с одновременным отводом с нее поверхностных вод и осуществлением мер по борьбе с повышением уровня грунтовых вод); укрепление берегов и откосов существующих земляных сооружений; устройство волноломных и волноотбойных сооружений; подсыпка (намыв) берегов; дренаж подтопляемых территорий; планировка дна и берегов водохранилища; гидроизоляционные и другие работы по локальной защите и приспособлению объектов к новым гидрогеологическим условиям.

Наиболее часто инженерные мероприятия проводятся для защиты городов, поселков и отдельных промышленных предприятий. В СССР защищены обвалованием и другими способами более 50 городов и поселков, в том числе Казань, Саратов, Андропов, Ульяновск, Черкассы, Киев, Краснодар и др. В зарубежной практике также широко применяется инженерная защита населенных пунктов.

На многих водохранилищах мира обвалованием защищены массивы сельскохозяйственных угодий. В СССР обвалованы сельскохозяйственные массивы общей площадью более 200 тыс. га (на днепровских и волжских, Каунасском, Плявиньском, Кайраккумском, Краснодарском водохранилищах). Разнообразные мероприятия по инженерной защите используются для сохранения месторождений полезных ископаемых, ценных транспортных сооружений, исторических и архитектурных памятников, для создания рыботоварных хозяйств на мелководьях, для улучшения санитарных условий и борьбы с малярией.

Ряд водохранилищ практически представляют собой водоемы с искусственными берегами на всем или большей части протяжения. Таковы небольшие водохранилища на реках Изар, Инн (рис. 60), Везер, Лех в ФРГ, водохранилища Вальзе-Миттеркирхен и Джердап на Дунае, а также на реках Рейн, Рона, Ваг, Энс. Водохранилище Мадунице на р. Ваг в Чехословакии полностью обваловано, чтобы защитить сельскохозяйственные угодья и курорт Пьештяни от затопления (Важский каскад, 1969). Нередко наращиваются и укрепляются существовавшие ранее противопаводковые дамбы; особенно это характерно для водохранилищ в бассейне Дуная (рис. 61), где в течение многих десятилетий создавались сложные системы дамб для защиты от частых, нередко опустошительных наводнений.

В зарубежной Европе обвалование пойменных земель часто производится для их защиты лишь от низких по высоте паводков; при высоких паводках такие земли затопляются, что способствует их удобрению плодородным илом и повышению уровня грунтовых вод; в поймах рек Лех, Изар, Вутах и др. это необходимо для восстановления уровня грунтовых вод, ранее снизившегося в результате выправления рек. На водохранилищах Эльгау, Обернпейхинг, Райн, Фельдкирхен на р. Лех применяются системы двойных дамб: ближние к реке дамбы обеспечивают защиту лугов и лесов от низких паводков, а более отдаленные от реки дамбы рассчитаны на защиту от высоких паводков пахотных земель, населенных пунктов, путей сообщения и т. п.

Инженерная защита сравнительно широко применяется и в США. Так, в бассейне р. Теннесси защищены обвалованием многие сельскохозяйственные участки и населенные пункты. Применялась инженерная защита и при создании водохранилищ на реках Миссури, Арканзас, Св. Лаврентия и др. Инженерная защита отдельных участков осуществлена и на ряде водохранилищ Китая, Индии и других стран Азии с многовековыми традициями строительства противопаводковых дамб.

Широко используется инженерная защита (в основном — укрепление берегов) для сохранения транспортных сооружений. В СССР железнодорожные линии и мосты защищены при создании Кременчугского, Куйбышевского, Сара-

товского, Усть-Каменогорского, Иваньковского, Цимлянского, Новосибирского, Иркутского (Байкальского), Кайраккумского и других водохранилищ; защищены и отдельные участки автомобильных дорог. В Западной Европе большие участки дорог сохранены путем укрепления берегов водохранилищ на реках Ваг, Влтава, Кеми-Йоки, Майн, Рейн, Рона и др.

Примерами инженерной защиты месторождений полезных ископаемых и сооружений по их использованию могут служить в СССР обвалование Никопольского марганцевого бассейна, обвалование нефтеносных площадей с нефтепромыслами на Нижнекамском водохранилище, сооружение специальных островов для нефтяных скважин на Камском и Нижнекамском водохранилищах.

Нередко при создании водохранилищ применяется инженерная защита историко-архитектурных памятников, различных ценных природных объектов. В СССР защищены такие известные памятники, как Угличский кремль, Макарьевский монастырь на Волге и др. Многие архитектурные памятники защищены и в странах зарубежной Европы; примером может служить древний замок Орлик (рис. 62) на одноименном водохранилище на р. Влтава (ЧССР).

Крепление берегов широко применяется в зарубежной Европе и для сохранения отдельных природных объектов — лесных массивов, живописных ландшафтов и т. д. Значительные участки берегов водохранилищ укреплены на реках Энс, Инн, Драва и Дунай в Австрии, на водохранилищах Верхнерейнского (Швейцария и ФРГ), Ронского (Франция), Влтавского и других каскадов.

В СССР инженерная защита осуществлена и в нижних бьефах Горьковского, Рыбинского, Угличского, Киевского, Кременчугского, Камского и других гидроузлов; на отдельных участках укреплены берега, реконструированы коммунальные сооружения (водозаборы, выпуски канализации), опоры мостов, причалы, осуществлена подсыпка территории с укреплением откосов в Балахне, Правдинске, Андропове и др. Аналогичные инженерные мероприятия проведены в нижних бьефах крупных гидроузлов и в зарубежных странах.

Затраты на защитные мероприятия составляют значительную долю общей стоимости переустройства городов, поселков и предприятий, а нередко и гидроузла в целом. По Кременчугскому водохранилищу на инженерную защиту израсходовано 15% стоимости гидроузла, по Горьковскому — 25, по Чебоксарскому — 40%. По водохранилищу Джердап на инженерную защиту израсходовано 40% общих затрат (Djordjevič, Purič, 1970); кроме того, предусмотрено 40 млн. долл. на работы по борьбе с наносами в устье р. Морава (Roehle, Focŝa, 1973). Большой удельный вес составили затраты на инженерную защиту при подготовке водохранилищ Кишкёре на р. Тиса (Венгрия), Марна (Франция), водохранилищ на Роне, Ваге и др.

Из приведенных данных следует, что в плотно заселенных районах, особенно в зарубежной Европе, в европейской части СССР и некоторых районах США, инженерная защита нашла широкое применение (Авакян, Шарапов, 1977; Шарапов, 1973; Водохранилища мира, 1979). Она наряду с тщательным выбором подпорных отметок и местоположения плотин позволяет значительно уменьшать потери от затопления, подтопления и переработки берегов.

В перспективе инженерная защита будет применяться еще более широко из-за непрерывного увеличения ценности земли, сокращения фонда пригодных для сельскохозяйственного освоения земель, повышения плотности застройки и уровня благоустройства городов и поселков (в связи с чем перенос их основных фондов будет становиться все более дорогим), необходимости обвалования мелководий и т. д.

3. ПЕРЕСЕЛЕНИЕ ЖИТЕЛЕЙ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ИЛИ ПЕРЕУСТРОЙСТВО ОБЪЕКТОВ, НАРУШЕННЫХ ПРИ СОЗДАНИИ ВОДОХРАНИЛИЩ

Мероприятия по восстановлению сельскохозяйственного производства и по переселению населения освещены в зарубежной литературе весьма скудно. Объясняется это, вероятно, прежде всего тем, что отчуждение земель и другого недвижимого имущества в большин-

стве капиталистических и развивающихся стран рассматривается как акт их купли-продажи. Вопросы устройства владельцев земли и восстановления сельскохозяйственной продукции не интересуют компании, создающие плотину. Получаемой компенсацией за землю, недвижимое имущество и другой понесенный ущерб владелец волен распоряжаться по собственному усмотрению.

В большинстве капиталистических и развивающихся стран разрешение на отчуждение земель под водохранилища выдается государственными органами; в некоторых из них такими правами обладают административные органы провинций, штатов, кантонов, например в Великобритании концессии на создание водохранилищ выдают бассейновые управления водных ресурсов.

В некоторых государствах получение разрешений на изъятие земель связано с трудностями, обусловленными особенностями законодательства. Так, в Швейцарии отсутствует единое федеральное земельное и водное законодательство; многообразие кантональных законов вызывает затруднения в отчуждении земель под системы водохранилищ, расположенные в нескольких кантонах; известны и случаи, когда коммуны и кантоны не разрешали строительство водохранилищ (Töndury, 1969). Сложно приобрести земли под водохранилища в Финляндии; из-за этого не построены некоторые эффективные гидроэлектростанции и широко использовались такие методы увеличения напора, как значительное углубление реки и строительство глубоких отводящих каналов в нижних бьефах ГЭС (Естифеев, 1962). В США наряду с добровольной продажей земель владельцами применяется в необходимых случаях и принудительное отчуждение, а иногда и конфискация земель. Так, под водохранилище Пиквик-Лэндинг добровольно продано 91,1%, принудительно — 7,8 и конфисковано — 1,1% земельной площади, под водохранилище Кентукки добровольно продано 95,3% и принудительно — 4,7% (TVA Annual Report..., 1950).

В социалистических государствах преобладает государственная собственность на землю, поэтому отчуждение земель под водохранилища и их компенсация проводятся, как правило, путем передачи земель из одного вида использования в другой. Однако в некоторых из этих стран наряду с государственной существует и частная собственность на землю, и вопросы ее отчуждения решаются иначе, чем в отношении государственных земель. Так, в Чехословакии участки земли, находящиеся в частной собственности, отчуждаются областными, районными органами с выдачей компенсации в денежной форме или — по желанию собственника — в виде другого участка; такой же примерно порядок отчуждения частных земель существует в Польше.

В СССР, как известно, земля — общенародное достояние, и ее использование определяется специальными постановлениями Советов Министров СССР и союзных республик, а также и Основами земельного законодательства, в соответствии с которыми тщательно анализируется народнохозяйственная эффективность вариантов того или иного использования земель.

Оценка потерь от изъятия земель и стоимости их возмещения в капиталистических и развивающихся странах производится преимущественно по рыночным ценам на землю, по договоренности обеих заинтересованных сторон. В некоторых развивающихся странах, бывших в прошлом колониальными владениями, имело место отчуждение земель без всякой компенсации (Dams in Africa, 1968).

В тех социалистических странах, где имеется и частная собственность на землю, также применяется принцип ее оценки по рыночным ценам. Так, в Польше при подготовке водохранилищ земля выкупалась у владельцев по цене, достаточной для покупки ими новых участков той же ценности. Аналогичная практика применяется в Югославии и Венгрии.

В Болгарии ущерб в связи с использованием ценных сельскохозяйственных угодий под застройку и для других целей компенсируется оплатой по специальному тарифу (от 40 тыс. до 400 тыс. левов за 1 га). В Чехословакии учитывается стоимость потери сельскохозяйственной продукции за весь период окупаемости гидротехнического объекта; плата за

изъятие сельскохозяйственных земель в сметах предусматривается из расчета стократной или двухсоткратной стоимости годовой валовой продукции, а если строительство ведется сельскохозяйственным кооперативом, то за срок в 20 лет. В СССР узаконена практика оценки изымаемых земель по специальным нормативам стоимости освоения новых площадей под различные сельскохозяйственные угодья. Эта стоимость включается в смету на строительство гидроузлов (кроме ирригационных) и в дальнейшем перечисляется в специальный фонд министерств сельского хозяйства союзных республик.

Обеспечение владельцев новыми участками земель как базы для получения средств к существованию, а также переселение населения и восстановление жилого фонда в странах с разными социально-экономическими условиями производятся неодинаково. В капиталистических странах лишь в отдельных случаях переселенцам из зон затопления оказывается помощь в выявлении продающихся участков земель; так, например, во Франции, Испании, Греции переселенцам предоставляется возможность покупки земель на вновь орошаемых массивах; в США при подготовке водохранилищ переселенцам оказывается содействие в приобретении новых ферм; при подготовке водохранилища Пиквик-Лэндинг такую помощь по договору с TVA взяли на себя Алабамский политехнический институт и сельскохозяйственные отделы штатов Алабама, Теннесси и Миссисипи (TVA Annual Report..., 1950).

Мероприятия по переселению жителей в капиталистических государствах большей частью сводятся к выплате компенсации за отчуждаемые дома. Но известны примеры и организованного переселения в создаваемые взамен затопляемых новые населенные пункты при подготовке некоторых водохранилищ в Швейцарии, Франции, ФРГ, США. В развивающихся странах практика компенсации изымаемых земель и переселения жителей многообразна. В зоне водохранилища Эль-Асад в Сирии для всего переселяемого населения обеспечивалось благоприятное социальное устройство — каждая семья получила участок орошаемой земли площадью 3,3 га, переселенцам оказана помощь в приобретении сельхозмашин, удобрений, семян, саженцев и т. п., а также в овладении современными методами ведения сельского хозяйства. Переселенцы из г. Табка переехали в новый город Эс-Саура, где их обеспечили жильем, медицинской помощью и школами (Bourgey, 1974).

При создании водохранилища Гобиндсагар (Бхакра) в Индии специальная комиссия приобрела для переселенцев (36 тыс. чел.) новые земли, выплатила им компенсацию за дома и сады. Ремесленникам и рабочим, пожелавшим переселиться из переносимых городов (Биласпур и др.) в села, выделялись бесплатно орошаемые участки в 3,2 га на семью. Кроме того, были построены дороги, школы, больницы, храмы, торговые центры, водопровод. Правительство бесплатно предоставило переселенцам грузовики для переезда и перевозки стройматериалов и имущества. Около 1 тыс. семей из Биласпура переселились в новый город, построенный в 3 км от прежнего (Gupta, 1964). Аналогичная практика имела место при подготовке водохранилищ Вир, Гирна, Укай, Нагарджунасагар. При создании водохранилища Мангла в Пакистане крестьянам было выделено значительно больше земель, чем они имели прежде, в целях быстрейшей колонизации осваиваемых районов (Водохранилища мира, 1979).

В Бразилии при создании водохранилищ земли покупаются или (при нежелании владельца продать их) экспроприируются, население обеспечивается домами, социально-культурным обслуживанием (школы, больницы, церкви, общественные здания) и коммунальными объектами. Бывают случаи, когда переселенцев не устраивают предложенные места нового расселения и тогда выделяются другие участки. Например, при подготовке водохранилища Фурнас многие жители окрестных селений не верили, что уровень реки может подняться до их жилища, поэтому пришлось воспользоваться помощью специальных наземных и водных отрядов и авиации, чтобы своевременно принудительно эвакуировать жителей, их скот и имущество.

Многообразна практика устройства переселяемого населения в странах Аф-

рики. При подготовке водохранилища Насер жители затопляемых населенных пунктов в Судане были переселены в район на р. Атбара, где построены г. Новая Хальфа и 26 деревень, каждая на 180—250 семей. Каждой семье была выплачена компенсация и предоставлялся новый дом. Для орошения земельных участков для переселенцев в ущелье Кхасм-эль-Гирба было создано специальное водохранилище емкостью 1,3 куб. км (Дмитревский, 1969).

В зоне водохранилища Вольта (Гана) подготовка новых земель была осуществлена полностью за счет государственных средств. Переселенцы получили новые дома или соответствующую денежную компенсацию. Предварительно проводились различные обследования, велись переговоры и консультации с населением по поводу выбора мест переселения. Такого рода контакты с местными жителями были особенно важны в условиях многообразия этнического состава, исповедываемых религий и т. п. (Dams in Africa, 1968).

Из приведенных примеров следует, что уровень компенсации за наносимый созданием водохранилищ ущерб, организованного переселения и хозяйственного устройства переселенцев во многих развивающихся странах был низким и только в последние десятилетия он значительно повысился.

В то же время можно привести и другие примеры — недостаточно тщательное изучение указанных вопросов и пренебрежение законными интересами переселенцев из зон затопления водохранилищ.

Как уже указывалось, при создании водохранилища Кариба в Замбии каждой семье были подготовлены новые земли или на прилегающих к водохранилищу склонах, или в долине р. Лусита. Около $^1/_3$ переселенцев оказались в бедственном положении, поскольку меры по борьбе с эрозией почв и интенсификация сельского хозяйства сразу не дали большого эффекта (Scudder, 1969). Кроме того, была переложена на самих переселенцев забота о расчистке участков под селения.

При создании водохранилища Нампонг в Таиланде выделенные правительством для переселенцев земли были значительно хуже затопленных, причем на одну семью (в среднем 6 чел.) выделялось только 2,6 га земель; численность населения в районе этого водохранилища резко снизилась из-за увеличения смертности от голода и оттока в другие районы (Man-Made Lakes..., 1975).

В Мексике переселенцам из зон затопления предоставлялись участки в 10—11 га, но они должны были оплатить их зачастую высокую стоимость (10% сразу же, а остальные 90% в течение 10 последующих лет), хотя кредитами крестьяне были обеспечены недостаточно. Многие переселенцы оказались по существу разоренными. При создании водохранилища Алеман в тяжелом положении оказалось 22 тыс. жителей; здесь негативную роль сыграл тот факт, что крестьян переселили из горных районов в непривычные для них условия равнинного орошаемого земледелия; не пожелавшие переселиться сюда индейцы не получили никакой помощи и оказались в особо бедственном положении.

В социалистических странах при подготовке водохранилищ проводятся специальные мелиоративные и строительные работы в целях устройства жителей, выселяемых из зоны затопления. Переселенцам предоставляются земельные участки, строятся дома, благоустраиваются населенные пункты. В СССР в проектах водохранилищ предусматриваются конкретные мероприятия по земельно-хозяйственному устройству колхозов, совхозов и других землепользователей и по восстановлению сельскохозяйственной продукции. Проектирование проводится на основе экономического анализа хозяйственной деятельности каждого сельскохозяйственного предприятия с учетом изменений, которые вносятся созданием водохранилища; мероприятия намечаются таким образом, чтобы они полностью обеспечивали нормальное развитие колхозов и совхозов.

При проведении землехозяйственного устройства землепользователей осуществляются следующие мероприятия: интенсификация хозяйства на остающихся землях; освоение в первую очередь земель, требующих наименьших затрат, т. е. распашка целинных и залежных земель, малопродуктивных вы-

гонов и т. п.; освоение земель из-под кустарников, лесов, болот; орошение используемых земель; переселение в колхозы и совхозы с недостатком рабочей силы; дальнее переселение (за пределы области). Взамен земель, изымаемых под водохранилище, колхозам и совхозам отводят земли Госземфонда и Гослесфонда. На разных водохранилищах и их участках устройство землепользователей осуществляется по-разному, в зависимости от местных природных и хозяйственных условий. В нижней части Братского водохранилища, например, колхозы потеряли почти все сельскохозяйственные угодья и переселились в другие районы на значительные расстояния (на резервные земли, с освоением части угодий из-под лесов и кустарников); в верхней части водохранилища большинство колхозов осталось на прежнем месте с прирезкой и освоением (взамен затопленных пойменных угодий) земель из Госземфонда и Гослесфонда. При создании многих водохранилищ в лесостепных и степных районах СССР основными мероприятиями ввиду ограниченности свободных земель стали мелиорация сельскохозяйственных угодий и внедрение более интенсивных форм ведения сельского хозяйства. В районах орошаемого земледелия затопляемые земли компенсируются преимущественно орошаемыми новыми участками.

В нижних бьефах гидроузлов восстановление потерь сельского хозяйства в СССР осуществляется путем освоения новых земель. В отдельных случаях (в низовьях Волги, в пойме Иртыша) из вышележащих водохранилищ производятся специальные попуски для обводнения поймы.

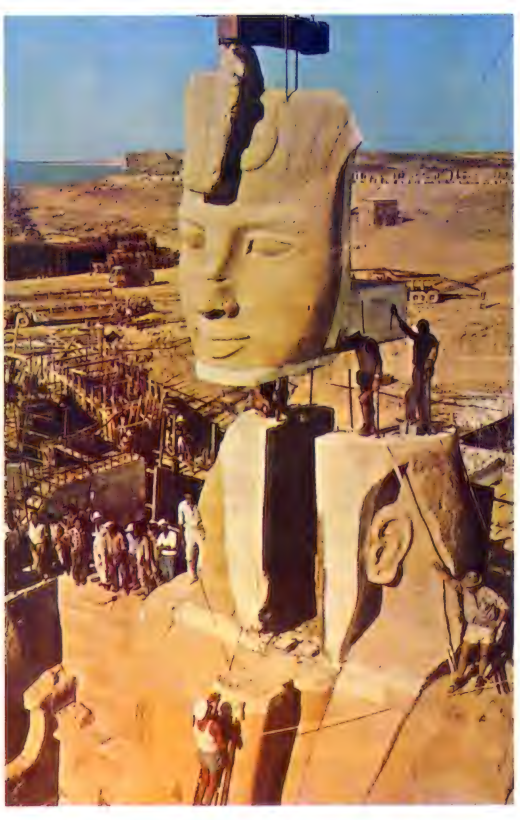
Мероприятия по переселению в СССР осуществляются за счет средств на строительство гидроузла и других ассигнований с обязательным обеспечением переселяемых жителей работой. Все затрагиваемые водохранилищами жилые и подсобные строения переносятся (с необходимым ремонтом) в новые благоустроенные населенные пункты; в последние 15—20 лет для переселенцев возводятся современные, большей частью многоквартирные дома; при этом жилплощадь предоставляется на основании действующих норм.

Приведенные выше данные свидетельствуют, что переселение жителей — одно из важнейших последствий создания водохранилищ и очень сложный социальный аспект их подготовки. Миграции жителей имели и имеют место в жизни всех государств и народов, однако при создании водохранилищ переселение концентрируется территориально и во времени и носит вынужденный характер, а не является результатом личной инициативы. Поэтому вся ответственность за переселение ложится на государственные органы или на компании, ведущие строительство гидроузла. Водохранилища создаются в конечном счете в целях улучшения материальных и социальных условий жизни населения, поэтому было бы целесообразно и логично затраты на переселение рассматривать как капиталовложения в область материального и социального прогресса страны. Однако в ряде государств, как можно было убедиться, не придавалось должного значения правильной и эффективной политике переселения, водохранилище рассматривалось как побочный продукт плотины, а переселение — как фактор, требующий лишних затрат. Надлежащим образом и заранее спланированные мероприятия по переселению могут значительно улучшить социально-экономические условия в районах создания водохранилищ.

Больших затрат средств и труда требует восстановление транспортных связей. Железнодорожные пути и мосты затрагиваются в СССР лишь отдельными водохранилищами. В плотно заселенных индустриальных государствах железные дороги затопляются значительно большим числом водохранилищ. В СССР железные дороги перестраивались при создании примерно двух десятков водохранилищ, суммарно на протяжении не более 300 км. В США только в бассейне р. Теннесси взамен затопляемых построено свыше 200 км железных дорог и десятки мостов.

Автомобильные дороги попадают в зоны затопления почти всех водохранилищ. Даже небольшие и средние водохранилища, особенно в предгорьях, затрагивают десятки километров автодорог. Так, при создании водохранилища Сен-Круа на горной р. Вердон (Фран-

63. *Работы по восстановлению храма Абу-Симбел (АРЕ)*



ция) построено 24 км шоссе и мост, пересекающий водохранилище. Через водохранилище Орлик в ЧССР построено три моста, в том числе один крупный со стальным пролетом в 300 м.

Восстановление коммуникаций производится с учетом нового размещения вынесенных из зон затопления населенных пунктов, промышленных и сельскохозяйственных предприятий, изменения направлений и объема грузопотоков, возникновения вблизи многих гидроузлов новых городов, а также с учетом проектов развития района водохранилища. Закономерно, что, чем крупнее и сложнее по форме водохранилище и чем более освоена долина реки, тем значительнее реконструкция сети коммуникаций.

Основные виды мероприятий по восстановлению коммуникаций — строительство обходных участков, защита их от подмыва волнами и течением, наращивание насыпей, подъем опор и пролетных строений мостов. Аналогичные мероприятия проводятся для восстановления нефте- и газопроводов, линий электропередачи и связи.

Если в зону водохранилищ попадают эксплуатируемые месторождения полезных ископаемых, то их зачастую разрабатывают ускоренными темпами в целях максимального использования запасов. В других случаях применяется их инженерная защита, например на марганцевых месторождениях в районе Каховского водохранилища, на буроугольных месторождениях на Днепродзержинском водохранилище, на нефтепромыслах на Камском и Нижнекамском водохранилищах и т. д. Если затоплению подлежат минеральные источники, принимаются меры по выводу вод источников на более высокие отметки или их каптажу в другом месте, как это сделано на курорте Бирштонас (Каунасское водохранилище), в Усолье-Сибирском (Братское водохранилище) и т. д.

В зоны затопления многих водохранилищ в умеренном поясе попадают большие площади торфяников. Там, где это экономически целесообразно, проводится усиленная добыча торфа. Принимаются также меры по защите сооружений ГЭС от всплывающих торфяников. Для этой цели используют сороудерживающие решетки, запани и другие преграды, пропускают раздробленный торф через водослив и специальные торфоспуски, закрепляют торфяные поля в заливах.

Осуществляется комплекс мероприятий и в случае попадания в зоны воздействия водохранилищ археологических, историко-революционных, архитектурных и других памятников. Могильники, селища, остатки древних городов, курганы и другие археологические памятники обследуются, наиболее ценные из них раскапываются со сбором древних предметов и составлением подробных планов и разрезов.

Мемориальные и исторические здания и сооружения, памятники архитектуры, как правило, сохраняются на прежнем месте (путем обвалования и берегоукрепления) или разбираются, перевозятся и восстанавливаются на новом месте. В СССР была проведена гидроизоляция фундаментов Угличского и Казанского кремля, монастырей в Макарьево (Чебоксарское водохранилище) и Кириллове (Шекснинское водохранилище), бетоном укреплены берега вдоль улиц с ценными историко-архитектурными зда-

64. Блок скалы с надписями римской эпохи, поднятый из зоны затопления водохранилища Джердап (Югославия)



ниями во многих городах и поселках побережий Горьковского, Куйбышевского, Волгоградского, днепровских и других водохранилищ. Восстановлены многие памятники деревянного зодчества, вынесенные из зон затопления Горьковского и Братского водохранилищ.

В Египте распилен, перевезен и вновь тщательно собран на новом месте всемирно известный храм Абу-Симбел (рис. 63). Разобраны, перенесены из зоны затопления водохранилища Нагарджунасагар (в Индии) и восстановлены в других местах древние храмы Шивы и Вишну и жилище древнего индийского ученого Нагарджуна (около II в. н. э.), а также две старинные мечети из зоны водохранилища Кебан (Турция) и другие ценные старинные сооружения из зон затопления ряда европейских водохранилищ (рис. 64).

4. ПОДГОТОВКА ВОДОХРАНИЛИЩ К ИХ БУДУЩЕМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ С УЧЕТОМ ОХРАНЫ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

В состав работ по подготовке ложа и берегов водохранилищ входят лесосводка, лесоочистка (общая и специальная), санитарная очистка загрязненных территорий и зон водозаборов, противоэпидемические мероприятия, ландшафтное благоустройство. Осуществляются и другие мероприятия по подготовке водохранилищ к использованию в интересах водного транспорта, водоснабжения, рекреации и др. Назначение перечисленных мероприятий — обеспечить благоприятные санитарно-гигиенические условия для населения, сохранить и улучшить качество воды в водохранилищах и в нижних бьефах гидроузлов и создать условия для использования водохранилищ в различных целях.

Важная часть мероприятий по общей и санитарной подготовке водохранилищ — очистка их от древесной и кустарниковой растительности. Вся древесина в зоне затопления, реализация которой целесообразна (товарная древесина), вырубается и доставляется потребителям; процесс вырубки и вывозки товарной древесины называется **лесосводкой.** Состав и объем работ по лесосводке определяются характером лесосырьевой базы в зоне затопления и транспортными связями с районами потребления древесины.

На остальных, нетоварных площадях зоны затопления лесная и кустарниковая растительность или вырубается или затопляется. Вырубку деревьев и кустарников на нетоварных площадях, дополнительную очистку товарных площадей от молодняка и подроста, корчевку и срезку пней называют **лесоочисткой.** Состав и объем работ по лесоочистке зависят от будущего использования водохранилищ и интересов охраны природы. Требования отраслей хозяйства, здравоохранения и охраны природы к лесоочистке неодинаковы и в значительной мере зависят от экономической эффективности предлагаемых мероприятий; в СССР специально разрабатываются «Технические условия» на подготовку ложа каждого конкретного водохрани-

лища, которые согласовываются со всеми заинтересованными министерствами, ведомствами, облисполкомами. На их основе намечаются и осуществляются проекты лесосводки, лесоочистки, санитарных, противомалярийных и других мероприятий.

В настоящее время в СССР усиливаются требования к степени очистки ложа от лесной растительности, что вызвано растущим использованием водохранилищ для водоснабжения, отдыха, рыбного хозяйства, обеспечения санитарных попусков и задачами охраны природной среды. Считается целесообразной сплошная лесоочистка ложа всех водохранилищ, предназначенных для этих целей, а также водохранилищ комплексного назначения, находящихся в плотно населенных районах. В последние годы высказываются пожелания о сплошной лесоочистке ложа всех крупных сибирских водохранилищ в природоохранных и рекреационных целях.

Вместе с тем опыт эксплуатации водохранилищ показал, что влияние древесины, оставленной без вырубки на больших площадях, сказалось на качестве воды значительно меньше, чем предполагалось. Под действием ледовых, гидродинамических и гидрохимических процессов оставленная без вырубки лесная растительность постепенно разрушается, разлагается, частично выбрасывается на берег и заиливается. Кое-где невырубленная растительность сдерживает процессы деформации берегов и перемещения наносов, создает ветровое прикрытие для судов, обеспечивает более безопасные условия для размножения и нагула некоторых видов рыб, птиц и т. д. В отдельных случаях помимо оставленных защитных полос из кустарников и мелколесья специально производились посадки кустарников на мелководьях. В связи с вышесказанным неполная лесоочистка ложа допускается лишь в некоторых водохранилищах слабо освоенных лесных районов.

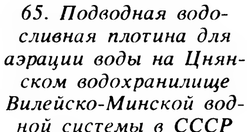
В большинстве развитых промышленных стран, где нет крупных водохранилищ производится сплошная лесоочистка ложа водохранилищ и некоторых участков берегов, так как считается, что осложнения, вызываемые невырубленным лесом (очистка берегов, затруднения для судоходства, пропуск леса через гидроузлы и т. д.), обходятся впоследствии дороже, чем стоимость лесоочистки. В ряде водохранилищ США вырубаемая в процессе лесосводки и лесоочистки древесина не вывозится, а оставляется на месте и прикрепляется проволокой к пням.

Вместе с тем имела место и неполная лесоочистка многих водохранилищ в Канаде, США, например при подготовке водохранилища Норрис и других в бассейне р. Теннесси. Лесоочистка их ложа производилась только в зоне сработки; ниже осуществлялась лишь срезка деревьев, выступающих над водой при УМО.

Большие технические трудности представляют лесосводка и лесоочистка зон затопления в тропическом и экваториальном поясах (Суринам, Нигерия, Таиланд, Малайзия и др.). В связи с этим, а также из-за недостатка средств в развивающихся странах производится лишь частичная очистка ложа водохранилищ. Много невырубленного леса осталось в водохранилищах Кариба, Брокопондо, Каинджи, Вольта, Косу, Тукуруи и др., в некоторых водохранилищах Таиланда, Индии, Бразилии; водохранилищем Гатун (Панама) затоплено, например, 400 кв. км леса.

Важное значение имеют и мероприятия, направленные на ликвидацию источников загрязнения воды и засорения водохранилища и его берегов. В состав этих мероприятий кроме лесосводки и лесоочистки входят: общая санитарная очистка территорий населенных пунктов, предприятий, животноводческих ферм, специальная санитарная очистка мест специфического загрязнения, перенос или инженерная защита кладбищ и скотомогильников, специальная, особо тщательная санитарная подготовка зон централизованного питьевого водоснабжения, охраны грунтовых вод от истощения (тампонаж скважин) и загрязнения, предотвращение загрязнения водохранилищ сточными водами, борьба с всплывающими торфяниками, с избыточным цветением воды.

Санитарная очистка территории населенных пунктов, предприятий и т. д. производится в теплый период года и должна заканчиваться не позднее чем


65. Подводная водосливная плотина для аэрации воды на Цнянском водохранилище Вилейско-Минской водной системы в СССР



за один весенне-летний период до заполнения водохранилища, чтобы могла произойти минерализация органических остатков. Не подлежащие переносу строения и сооружения разрушаются и разравниваются, остатки и мусор сжигаются, нечистоты, навоз, отбросы запахиваются в землю или вывозятся. Участки загрязнения в хозяйствах, неблагополучных в отношении инфекционных заболеваний животных, очищаются более тщательно (иногда со снятием и вывозкой загрязненного грунта), обезвреживаются раствором хлорной извести, дегазацией и т. д. Так же тщательно обрабатываются территории складов ядохимикатов и нефтепродуктов, кожевенных заводов, скотобоен и т. д. В целях хозяйственно-бытового и рекреационного использования в мелководной зоне водохранилищ вдоль прибрежных населенных пунктов выкорчевываются пни, засыпаются ямы, выполаживаются резкие неровности рельефа и т. д.

Наибольшая доля затрат в санитарной подготовке приходится, как правило, на перенос или укрепление кладбищ и скотомогильников. Кладбища, затопляемые на большой глубине, иногда оставляются на месте, пригружаются грунтом, но с них удаляются деревья, ограды, намогильные памятники.

В целях санитарной охраны водохранилищ осуществляются также и другие мероприятия. В них запрещается сброс неочищенных сточных вод и твердых отбросов. Суда оборудуются специальными устройствами для сбора сточных и подсланевых вод, твердых отбросов, строятся и специальные суда для приема этих отходов, а на пристанях — сливные станции. Берега водохранилищ, имеющих питьевое назначение, засаживаются лесом, вокруг них устанавливаются зоны санитарной охраны и др.

Некоторые санитарные мероприятия проводятся и в нижних бьефах гидроэлектростанций: специальные санитарные попуски воды для разбавления загрязненных вод в периоды малых расходов, попуски для обеспечения работы водозаборных сооружений. Так, исследованиями Московского НИИ гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана доказана необходимость беспрерывных попусков в подпруженные нижние бьефы ГЭС, чтобы создать постоянное течение воды и обеспечить тем самым удаление вниз по водохранилищу и разбавление сточных вод. В естественных условиях ежегодные паводки промывали почвы и улучшали их санитарное состояние. Поэтому возникает необходимость санитарных промывок пойм рек в нижних бьефах ряда гидроузлов.

Практика эксплуатации водохранилищ показала, что избыточное «цветение»

ухудшает качество воды и санитарно-гигиеническое состояние водохранилищ и прилегающих территорий. В связи с этим необходимы мероприятия по борьбе с евтрофированием водохранилищ, в том числе с избыточным цветением воды. Эти мероприятия — составная часть общей системы мер по регулированию качества воды и биологического режима водохранилищ. В их числе — выбор параметров водохранилищ не только по водохозяйственным, но и по санитарно-гигиеническим соображениям, защита водоемов от сброса сточных вод, контроль за физико-химическими процессами (аэрация — рис. 65, перемешивание и т. д.), изъятие водорослей (с их использованием) и биотехнические мероприятия (регулирование зарастания водоема и др.). Пока большая часть этих мер применялась недостаточно, частично, лишь в опытном порядке (Сиренко, Гавриленко, 1978).

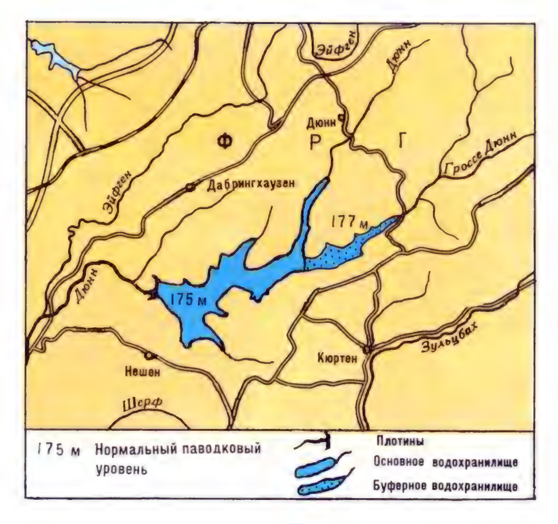
В СССР осуществляются еще и лечебно-профилактические и энтомологические мероприятия в целях предупреждения заболевания малярией. Гидротехнические противомалярийные мероприятия (углубление или засыпка мелководий, обвалование их, осушение заболоченных участков) из-за высокой стоимости применяются преимущественно в крупных городах и в сочетании с другими народнохозяйственными мерами. Проводятся также некоторые меры борьбы с кровососущими насекомыми (гнусом), клещом и др.

При подготовке и эксплуатации водохранилищ в странах с жарким климатом принимаются меры по борьбе с эпидемическими и инфекционными заболеваниями. Наиболее радикальный метод борьбы с этими болезнями — создание условий, препятствующих выживанию и развитию промежуточных хозяев или переносчиков этих болезней — моллюсков, улиток и т. д. Однако, поскольку такие мероприятия должны проводиться на очень больших площадях, их применение пока ограниченно. Поэтому в настоящее время проводятся преимущественно такие меры, как выявление и лечение больных, профилактика заболеваний, улучшение бытовых и санитарно-гигиенических условий жизни населения, улучшение питания, пропаганда знаний об источниках болезней и т. д. В этом отношении развивающимся странам большую помощь оказывают ВОЗ, ФАО и др., а также специалисты отдельных государств, в том числе СССР.

Описанный выше состав санитарных мероприятий характерен и для подготовки большинства зарубежных водохранилищ. В условиях плотно заселенных стран этим мероприятиям придается особо важное значение. Например, при подготовке водохранилища Желивка на одноименной реке, предназначенного для водоснабжения Праги, из зоны затопления переселено свыше 2 тыс. жителей, перенесено или разобрано 73 хозяйственных и 486 жилых строений, 3 небольших завода и 4 мельницы. Обезврежены и удалены также загрязнения и нечистоты, загрязненные места подвергнуты специальной очистке, старая канализационная сеть промыта дезинфицирующим раствором, все лесонасаждения вырублены, гумусовый слой почвы в объеме 250 тыс. куб. м вывезен за пределы зоны затопления. За два года до затопления сельскохозяйственные земли не удобрялись. После заполнения водохранилища организована уборка всплывшего древесного мусора. По периметру водохранилища созданы три зоны санитарной охраны.

Большое санитарно-гигиеническое значение имеют широко распространенные в зарубежной Европе буферные водохранилища с постоянным уровнем воды, создаваемые в зонах выклинивания подпора на главной реке, а нередко и на притоках водохранилища. В таких водохранилищах отстаиваются и очищаются загрязненные воды, задерживается твердый сток; они позволяют более значительно срабатывать основное водохранилище, поскольку предотвращают такие неблагоприятные последствия сработки, как гниение растительных и животных остатков на обсыхающей площади дна, возникновение из-за этого неприятных запахов, размножение комаров и т. п. Постоянный уровень воды способствует сохранению ландшафтного облика местности (Weissbach, 1956; Koenig, 1971, и др.). Буферные водохранилища имеются выше водохранилищ Окер, Шваменауэль, Хенне, Дюнн (рис. 66), Бигге в ФРГ, Раппбоде в ГДР и др.

66. Схема водохранилища Дюнн с буферным водохранилищем на р. Гроссе-Дюнн (ФРГ)



На всех водохранилищах проводятся общеизвестные мероприятия по подготовке их к дальнейшему использованию — строятся порты и пристани, водозаборы и т. д., ведется подготовка ложа в специальных целях — устройство судоходных прорезей, отсыпка гряд для нереста рыб и др. В последние годы большой размах получили мероприятия в интересах рекреации. Устраиваются пляжи, купальни, стоянки для автомашин, площадки для палаточных городков с коммунальными устройствами (электросеть, водопровод, канализация), строятся причалы и эллинги для спортивных судов и т. д. На некоторых гидроузлах (Рейнфельден, Вране и др.) построены специальные шлюзы для пропуска спортивных и туристских судов из одного бьефа в другой; в обход нескольких плотин на Влтаве построены специальные дороги, по которым суда перевозятся или на катках (Камык, Слапы), или на тележках по рельсам (Орлик) (Влтавский каскад, 1969).

Мероприятия по охране природы при создании водохранилищ можно разбить на две основные группы: 1) мероприятия по охране или восстановлению используемых в хозяйственных целях природных ресурсов, 2) мероприятия по сохранению или восстановлению природных ландшафтов и экосистем, а также их отдельных элементов (редких и исчезающих животных и растений, геологических, ландшафтных и других памятников). К первой категории относятся многие из охарактеризованных выше мероприятий.

Существенную роль играют мероприятия по предотвращению или компенсации ущерба, наносимого созданием водохранилищ рыбным ресурсам и ценным водным промысловым животным (пушным зверям, водоплавающим птицам и т. д.). Для пропуска рыб через плотины в целях восстановления их естественных миграций на ряде гидроузлов как в СССР, так и за рубежом построены рыбопропускные сооружения разных типов — рыбоподъемники, рыбоходы, рыбные шлюзы и др. Большинство из них предназначено для пропуска вверх по течению лососевых рыб; такие рыбоходы имеются на некоторых реках СССР в районе Северо-Запада (Тулома, Паз и др.), на многих гидроузлах США, Канады, Скандинавских и некоторых других стран. На Волге и Дону построены Волгоградский и Цимлянский рыбоподъемники, предназначенные в основном для пропуска осетровых рыб. На некоторых гидроузлах построены рыбопропускные сооружения для сиговых, угря и других видов рыб.

В настоящее время в СССР проходят производственные испытания специальные рыбонакопители, которые после накопления рыбы в нижнем бьефе будут через шлюзы подниматься в водохранилища и там выпускать рыбу; для этого используются и специальные суда с двойным корпусом и прорезями.

Для восстановления рыбопродуктивности водоемов в зонах влияния водохранилищ осуществляются и другие мероприятия: рыбохозяйственные попуски, строительство на гидроузлах и водозаборах рыбозаградителей разного типа, рыбоводных заводов, нерестово-выростных хозяйств, мелиорация нерестилищ, устройство искусственных нерестилищ, вселение в водоемы новых кормовых (для рыб) организмов; существенное значение имеют также ограничительные и запретительные меры: уменьшение сроков вылова рыбы, запрет на вылов маломерных рыб, на рыбный промысел и любительский лов в периоды нереста ценных рыб, запрет вылова отдельных видов рыб и т. д. Важная запретно-ограничительная роль принадлежит также заказникам и заповедникам.

67. Эпизод операции «Ной» по спасению животных перед заполнением водохранилища Кариба на р. Замбези (Замбия и Зимбабве)



Одновременно с рыбоохранными и восстановительными функциями многие из перечисленных выше мероприятий имеют значение и для обогащения ихтиофауны в целях рыбохозяйственного освоения водохранилищ. В водохранилищах, где намечается организация рыбного промысла, подготавливаются рыбопромысловые участки, строятся рыбоприемные и рыбообрабатывающие предприятия, приобретается флот и т. д.

В целях восстановления численности промысловых пушных зверей проводится акклиматизация новых для данного водоема зверей (чаще всего ондатры, а в районах с мягким климатом — нутрии); устраиваются искусственные убежища, угодья защищаются от волн (посредством дамб, зарослей камыша, тростника и т. д.). Следует отметить, что гидрологический режим водохранилищ неблагоприятен для таких водных животных, как бобры, выхухоли, выдры; восстановление их стада затруднено, поскольку благоприятных мест для обитания таких животных остается все меньше.

Проводятся мероприятия и по восстановлению условий обитания водоплавающих птиц: устройство гнездовий в благоприятных биотопах, строительство искусственных островов и др., а также пополнение кормовых ресурсов за счет посевов дикого риса и других трав. Отметим, что в районах с бедной гидрографической сетью водохранилища значительно обогащают ландшафт, способствуют увеличению ресурсов водных животных, водоплавающей дичи и тем самым создают новые охотничьи угодья.

К мероприятиям по сохранению отдельных компонентов и элементов природной среды относятся работы по спасению ценных животных из зон затопления в период первоначального наполнения водохранилищ (рис. 67), создание специальных биотопов для редких и исчезающих животных или переселение их в благоприятные места, сохранение различных памятников природы (путем обвалования, берегоукрепления, дренажа), водное благоустройство и т. д.

ПРОБЛЕМЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОДОХРАНИЛИЩ

1. КОМПЛЕКСНОЕ И ОДНОЦЕЛЕВОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДОХРАНИЛИЩ

Большинство крупных, средних и многие небольшие водохранилища используются одновременно в нескольких целях, комплексно, причем со временем количество видов использования каждого водохранилища, как правило, увеличивается (рис. 68, 69). Создание водохранилищ одноцелевого назначения объясняется рядом причин.

1. Некоторые виды использования предъявляют жесткие требования к качеству воды, режимам эксплуатации водохранилищ, охране их прибрежной зоны. Это относится к водохранилищам питьевого водоснабжения и промышленного рыбоводства.

2. Режим эксплуатации ряда водохранилищ исключает возможность их использования другими отраслями хозяйства. Это относится к некоторым ирригационным водохранилищам, почти полностью опорожняемым, к небольшим водохранилищам гидроаккумулирующих станций, уровень которых повышается и понижается несколько раз в течение суток.

3. Вблизи ряда водохранилищ отсутствуют другие водопользователи и водопотребители. Таковы в большинстве случаев высокогорные водохранилища гидроэлектростанций и водохранилища, созданные в необжитых местах (северные части Сибири, Канады, некоторые пустынные районы).

В процессе эксплуатации водохранилища одноцелевого назначения нередко превращаются в комплексные. Это обусловлено расширением ареала хозяйственной деятельности, возникновением или увеличением дефицита водных ресурсов. Даже на водохранилищах строго одноцелевого назначения (для питьевого водоснабжения, промышленного рыбоводства и т. д.) зачастую появляются дополнительные виды использования, не наносящие вреда их главному назначению, например парусный спорт, рыбная ловля, охота на водоплавающую дичь и др. Эксплуатация их водных ресурсов проще по сравнению с многоцелевыми водохранилищами, поскольку на выполнение главной задачи не влияют другие отрасли хозяйства.

Иное положение возникает при комплексном использовании водохранилищ, поскольку на их водные ресурсы и акваторию претендует одновременно несколько потребителей с разнообразными, а нередко и противоречивыми требованиями к параметрам, подготовке ложа, режиму эксплуатации, качеству воды и т. п. Уже простое перечисление существующих функций водохранилищ (см. гл. II) говорит о сложности сочетания и увязки интересов нескольких (до 4—6) видов использования. При размещении водохранилища в каскаде сложности наиболее полного удовлетворения интересов каждой отрасли хозяйства еще более увеличиваются.

Под комплексным использованием водохранилищ понимается такое использование их водных ресурсов и акватории, которое дает максимальный эффект в хозяйстве в целом, определяемый с учетом положительного и отрицательного влияния выбранного режима использования как на все отрасли водного хозяйства, так и на природу и хозяйство прилегающих территорий в верхнем и нижнем бьефах гидроузлов (Авакян, Шарапов, 1977).

Водохранилища — составная часть водохозяйственных комплексов (ВХК), под которыми следует понимать совокупность разных отраслей народного хозяйства, совместно использующих водные ресурсы, а также объекты и сооружения, обеспечивающие это использование (гидроузлы с водохранилищами, сопутствующие инженерные сооружения — водозаборы, нерестово-выростные хозяйства, судоходные сооружения, защитные дамбы и т. п.).

Отрасли (и объекты) хозяйства, интересы которых затрагиваются созданием водохранилища и регулированием стока, могут быть разделены на следующие группы:

1) участники ВХК, непосредственно заинтересованные в создании водохранилища и финансирующие его; 2) отрасли хозяйства, использующие водохранилище;	Компоненты водохозяйственного комплекса

68. Гидроузел и водохранилище Кариба на р. Замбези; используется комплексно — для гидроэнергетики, рыболовства, борьбы с наводнениями, судоходства



3) отрасли хозяйства, не являющиеся компонентами водохозяйственного комплекса, но заинтересованные в строительстве гидроузла;

4) отрасли и объекты, интересы которых ущемляются созданием водохранилища и регулированием стока.

Состав и значение участников ВХК в неодинаковых природно-хозяйственных условиях различны. В районах недостаточного увлажнения ведущее положение в использовании водных ресурсов занимает ирригация, в горных районах — гидроэнергетика (рис. 70), на крупных равнинных реках наряду с гидроэнергией — водный транспорт, в районах с резкой сезонной и многолетней неравномерностью стока — борьба с наводнениями и т. п. В последние десятилетия все большее значение приобретают промышленное и хозяйственно-питьевое водоснабжение. На первых этапах создания водохранилищ главным их назначением было удовлетворение потребностей ирригации, водоснабжения, водного транспорта. С конца же прошлого века к ним прибавился такой мощный водопользователь, как гидроэлектростанции, затем гидроаккумулирующие электростанции со специфическим режимом работы, крупные тепловые и атомные электростанции, создавшие проблему «теплового загрязнения» водохранилищ. Одновременно расширялось и интенсифицировалось использование водохранилищ для получения рыбы (особенно в последние десятилетия в связи с сокращением рыбных ресурсов океанов и морей и введением нового морского права) и для целей отдыха и спорта. Рост сельскохозяйственной освоенности и застройки речных долин усиливает необходимость борьбы с наводнениями.

Естественно, что, чем больше используется водохранилище различными отраслями хозяйства, тем труднее согласование их многообразных интересов. Сложность использования комплексных водохранилищ обусловливается в первую очередь межотраслевыми противоречиями или несовпадением в требованиях к режиму их эксплуатации.

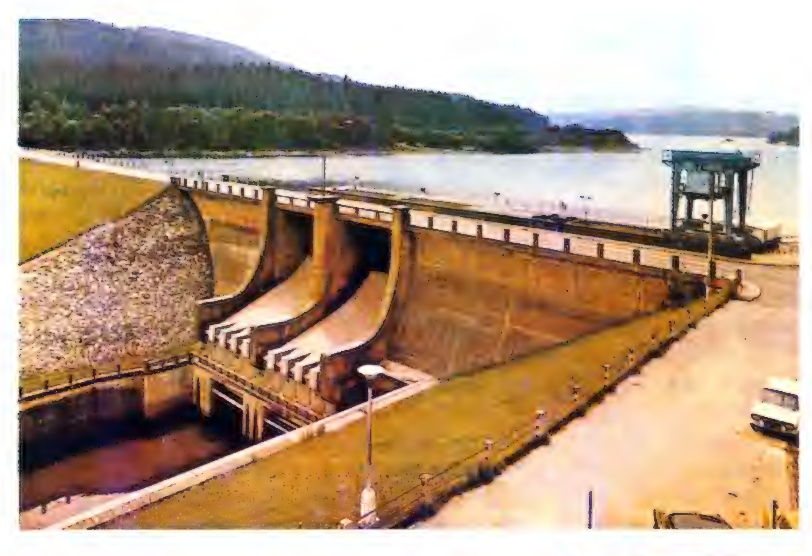
Гидроэнергетика заинтересована в поддержании возможно более высоких уровней воды в целях получения максимальных напоров на гидроэлектростанциях и в использовании значительной части водных ресурсов в основном в осенне-зимний период; для нее нежелательны холостые сбросы воды через водосливные сооружения помимо турбин, поскольку это вызывает потери в выработке электроэнергии.

Требования ирригации заключаются в поддержании уровней, которые обеспечивают в нужные периоды бесперебойный забор воды из водохранилищ в подкомандные оросительные системы. В тех случаях, когда орошаемые земли находятся ниже по течению, необходимые уровни воды в реке должны обеспечиваться сбросом из водохранилища соответствующих объемов воды в нижний бьеф. Аналогичные требования к уровенному режиму водохранилищ и рек в нижних бьефах предъявляет водоснабжение.

Основные требования речного транспорта и лесосплава к уровенному режиму водохранилищ: поддержание гарантированных глубин на судоходных трассах и подходах к портам, убежищам, а также и на порогах судоходных шлюзов. Для водного транспорта неблагоприятны значительные и резкие колебания уровней воды, нарушающие устойчивость судовых прорезей и ухудшающие условия зимнего отстоя судов и работу лесосплавных сооружений. В нижнем бьефе в интересах водного транспорта требуется поддержание нормируемых судоходных глубин.

Рыбное хозяйство заинтересовано в

69. Комплексный гидроузел Липно-1 на р. Влтава — главный регулятор ее стока в верхнем течении (Чехословакия)



70. Водохранилище Бенмор на р. Уаитаки (о. Южный в Новой Зеландии), обеспечивающее работу мощной ГЭС и орошение земель



максимально возможном уменьшении величины зимней сработки водохранилищ для предотвращения зимних заморов и гибели рыбы. Наполнение водохранилища после зимней сработки до отметки НПУ желательно к началу весеннего нереста рыб (в средней полосе СССР — в конце мая — середине июня) с сохранением этой отметки до конца нереста. В это время особенно недопустимы резкие (более чем 5—10 см) колебания уровня (иначе обсыхает и гибнет икра рыб). В течение лета для возобновления луговой растительности в целях создания нерестового субстрата (для нереста будущего года) желательна ежегодная летняя сработка уровня на 1—2 м. На отдельных водохранилищах рекомендуется небольшое понижение уровня воды осенью для привлечения рыбы из заморных зон в более глубокие акватории водохранилища.

Для рекреации оптимальным считается стабильный уровень режима (с отклонениями в пределах 0,5—1 м) в сезоны массового отдыха и спорта.

Для борьбы с наводнениями необходимо, чтобы в периоды вероятного поступления больших расходов воды водохранилище было опорожнено, с тем чтобы оно могло задержать как можно больше воды и тем самым уменьшить наводнения в нижнем бьефе.

Для сельского хозяйства, использующего пойменные заливные луга, благоприятны весенние наводнения, имитирующие естественное весеннее затопление поймы, хотя и в ограниченных по сравнению с периодом до создания водохранилища масштабах. Такие весенние сельскохозяйственные попуски осуществляются из ряда водохранилищ. В регионах с летне-осенними половодьями требования сельского хозяйства совпадают с общими противопаводковыми за-

дачами. При сельскохозяйственном использовании пойм нежелательны зимние наводнения, вызываемые пропуском через турбины ГЭС больших расходов воды, при пониженной из-за ледового покрова пропускной способности русла реки.

Рыбное хозяйство низовий рек требует весеннего затопления нерестилищ полупроходных и проходных рыб в поймах и дельтах рек. Рыбохозяйственные попуски должны обеспечивать плавный подъем и спад уровней и продолжаться максимально до 1,5—2 месяцев. Кроме того, рыбное хозяйство заинтересовано в уменьшении зимних колебаний уровня ниже плотин для обеспечения нормальных условий зимовки ценных видов рыб, как, например, осетровые, ниже Волгоградского гидроузла.

Требования отраслей хозяйства к уровенному режиму водохранилищ и нижних бьефов гидроузлов зависят от конкретных природно-хозяйственных условий, в том числе от географического расположения водохранилища, от наличия или отсутствия выше и ниже его других водохранилищ, от степени хозяйственной освоенности побережий водохранилища и реки в нижнем бьефе.

Существует также необходимость специальных санитарных и природоохранных попусков из водохранилищ (для разбавления и уноса вниз загрязнений и выравнивания качества воды в реке); они различны по величине, длительности и повторяемости. Требования к уровенному режиму водохранилищ и нижних бьефов гидроузлов предъявляют и объекты промышленности, транспорта, жилищно-коммунального хозяйства, расположенные в береговой зоне.

Помимо межотраслевых имеются и внутриотраслевые противоречия в требованиях к режиму эксплуатации водохранилищ.

Осуществление из водохранилищ рыбохозяйственных попусков в низовья и дельты рек приводит к понижению уровней воды в водохранилищах, что наносит ущерб рыбному хозяйству, так как обсыхает и погибает отложенная рыбой икра, на мелководьях гибнет молодь и т. д. Использование водных запасов водохранилищ для улучшения судоходных условий в реке ниже гидроузла нередко приводит к уменьшению судоходных глубин на водохранилище и к увеличению объема дорогостоящих землечерпательных работ и т. д. Если же отдавать предпочтение интересам судоходства на водохранилище, то соответственно ухудшатся условия судоходства на реке ниже гидроузла. При каскадном расположении водохранилищ такие противоречия возникают только на участках рек, оставшихся вне подпора.

Можно указать также на противоречия в интересах сельского хозяйства в верхних и нижних бьефах гидроузлов. Усиленный водозабор для ирригации из водохранилища сокращает водные ресурсы реки в нижнем бьефе. Иногда возникает другая дилемма: что лучше предпринять при прохождении очень высоких паводков — заполнить водохранилище до предельно высоких отметок (форсировка), вызвав затопление прибрежных земель, но уменьшив за счет этого затопление земель в нижнем бьефе, или же пропустить паводок без форсировки уровня водохранилищ, вызвав большие затопления в нижнем бьефе. Такие же противоречия возникают в промышленном и коммунальном хозяйстве прибрежных городов и поселков. Попытка обобщения взаимоотношений между компонентами ВХК и возникающих при этом противоречий приведена в табл. V-1 и V-2.

Из сказанного следует, что при многоцелевом использовании водохранилищ удовлетворение в полном объеме требований всех компонентов водохозяйственных комплексов практически невозможно. Поэтому режимы использования таких водохранилищ представляют собой, как правило, компромиссные решения, при которых неизбежны ущемления в тех или иных размерах интересов всех или большинства компонентов ВХК во имя достижения максимального эффекта в целом. Несмотря на указанные выше сложности, в большинстве случаев комплексное использование водохранилищ экономически выгоднее, чем создание ряда меньших водохранилищ одноцелевого назначения.

Наиболее сложно согласовать интересы участников водохозяйственных комплексов при эксплуатации каскадов, особенно при различии структуры уча-

Таблица V-1

Отношение компонентов водохозяйственного комплекса гидроузлов к уровенному режиму водохранилищ (по Авакяну, Шарапову, 1977)

Компоненты водохозяйственного комплекса	Расположение объектов компонента ВХК	Элементы уровенного режима водохранилища					
		достижение отметки НПУ каждый год	уменьшение глубины сработки зимой	сработка уровня после весенне-летнего нереста рыбы	форсирование уровня над НПУ: межнавигационный период	в период половодья	в остальные периоды при прохожд. паводков
Энергетика	—*	+	—*	—*	+	+	+
Водный транспорт	Водохранилище	+	+	—	—	+	о
	Нижний бьеф	+	+	+	—	+	+
Лесосплав	Водохранилище	+	+	—	—	о	о
	Нижний бьеф	+	+	+	—	+	+
Ирригация	Водохранилище	+	+	—	о	+	+
	Нижний бьеф	+	+	о**	о	+	+
Водоснабжение	Водохранилище	+	+	—	—	о	+
	Нижний бьеф	+	—	о**	+	+	+
Рыбное хозяйство	Водохранилище	+	+	+	—	+	—
	Нижний бьеф	о**	+	о	—	—	о
Территории, используемые сельским хозяйством	Водохранилище	о**	о	о	о	—	—
	Нижний бьеф	о**	+	—	о	—	+
Рекреация	Водохранилище	+	+	—	—	о	о

* Гидроэнергетика использует разницу уровней между верхним и нижним бьефами.
** Указанное соотношение может изменяться в зависимости от района расположения водохранилища, состава компонентов ВХК, водности года.

Условные обозначения:
\+ компонент заинтересован в указанном режиме;
— компонент не заинтересован в указанном режиме;
о указанный режим не имеет существенного значения для компонента.

Таблица V-2

Отношение компонентов водохозяйственного комплекса гидроузлов к режиму расходов и уровней в нижнем бьефе (по Авакяну, Шарапову, 1977)

Компоненты водохозяйственного комплекса	Расположение объектов компонента ВХК	Элементы режимов расходов и уровней воды: изменение расходов и уровней за сутки	за неделю	значительное повышение расходов и уровней зимой (по сравнению с бытовыми)	рыбохозяйственные попуски весной	равномерные попуски в летне-осенний период
Энергетика	—	+	+	+	—	—
Водный транспорт и лесосплав	Нижний бьеф	—	—	—	—	+
	Водохранилище	о	о	—	—	—
Ирригация	Нижний бьеф	о	—	о	—	о
	Водохранилище	о	о	о	—	о
Сельскохозяйственное использование пойменных лугов	Нижний бьеф	—	о	—	+	+
	Водохранилище	о	о	о	о	о
Водоснабжение	Нижний бьеф	—	о	—	—	+
	Водохранилище	о	о	о	о	о
Рыбное хозяйство	Нижний бьеф	—	—	—	+	+
	Водохранилище	о	о	—	—	+
Рекреация	Нижний бьеф	—	—	—	о	+
	Водохранилище	—	—	—	о	+

Примечание. Условные обозначения те же, что и в табл. V-1.

стников ВХК на разных участках реки. Это обусловлено тем, что каждое нижерасположенное водохранилище находится в тесной зависимости от режима эксплуатации вышележащего регулирующего водохранилища, а самые нижние звенья каскада зависят, таким образом, от режима эксплуатации вышележащих водохранилищ. Число многоступенных каскадов водохранилищ на земном шаре непрерывно увеличивается.

2. ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОДОХРАНИЛИЩ

Для улучшения организации использования водохранилищ в СССР осуществляются следующие мероприятия: а) разработка основных положений правил использования водных ресурсов водохранилищ, их согласование и утверждение; б) разработка детальных правил эксплуатации, инструкций, диспетчерских графиков и т. д., учитывающих все возможные ситуации нормальной и экстремальной эксплуатации водохранилищ; в) разработка и осуществление конкретных годовых, сезонных и других режимов наполнения и сработки водохранилищ, работы водозаборных сооружений, гидроэлектространций и т. п. на основе прогноза поступления воды в водохранилища, учета современной хозяйственной ситуации.

Организационные формы систем эксплуатации водохранилищ на земном шаре разнообразны. Так, в СССР крупные комплексные гидроузлы, имеющие в своем составе гидроэлектростанции, эксплуатируются органами Министерства энергетики и электрификации СССР и союзных республик — энергосистемами, действия которых организует и контролирует Центральное диспетчерское управление Единой энергетической системы. При этом интересы других участников ВХК удовлетворяются в соответствии с указанными выше инструкциями, нормативными документами и дополнительными разовыми (на определенный период) заявками других участников ВХК, утвержденными вышестоящими органами. Так, объемы и график рыбохозяйственных и сельскохозяйственных попусков из Куйбышевского и Волгоградского водохранилищ ежегодно весной устанавливаются специальными правительственными комиссиями и утверждаются Советом Министров СССР. В системе Минводхоза к 1985 г. созданы 47 специальных управлений эксплуатации, в функции которых входят организация, проведение работ по благоустройству и улучшению технического состояния на 150 наиболее важных для народного хозяйства водохранилищах. Эти меры были приняты в соответствии с постановлением Совета Министров СССР от 2 октября 1978 г.

За рубежом организация эксплуатации водохранилищ и гидроузлов различна и зависит от социально-экономических условий, уровня развития экономики, степени зависимости от крупных капиталистических государств.

В социалистических странах гидроузлы и водохранилища эксплуатируются государством через бассейновые или районные организации, конкретные энергетические, мелиоративные, промышленные предприятия. Так, в Болгарии организации, заинтересованные в эксплуатации водохранилищ, разрабатывают плановые заявки на использование водных ресурсов, которые обобщаются, согласовываются и утверждаются Комитетом по охране окружающей среды. Разработанные режимные планы-графики эксплуатации водохранилищ (в трех вариантах — для среднего по водности, среднемаловодного и маловодного годов) ежемесячно уточняются в соответствии с прогнозами гидрометеорологических условий и другими факторами. Контроль за соблюдением планов-графиков проводят районные инспекции по охране окружающей среды. В Албании использованием водохранилищ занимается непосредственно министерство промышленности и сельского хозяйства, в Чехословакии, Югославии, Румынии имеются каскадные, городские и объектные управления эксплуатации (рис. 71).

В капиталистических странах эксплуатацией водохранилищ занимаются государственные органы и акционерные общества, корпорации, компании и т. п. В США примерно половина водохранилищ эксплуатируется такими государственными органами, как Корпус инженеров (Corps of Engineers), Бюро мелиорации (Bureau of Reclamation), Уп-



71. Водохранилище Джердап на р. Дунай, совместно эксплуатируемое Румынией и Югославией

равление долины Теннесси (Tennessee Valley Authority); остальные водохранилища — преимущественно акционерными обществами. Ввиду большого значения оптимальной эксплуатации гидроэлектростанций руководство использованием водохранилищ осуществляется в Единой энергетической системе США. Такое же сочетание государственного и частнокапиталистического управления использованием водохранилищ характерно для большинства других развитых капиталистических стран.

Отсутствие единого управления вызывает в капиталистических странах ряд сложностей, приводящих нередко к недостаточно эффективному использованию водных, гидроэнергетических и других ресурсов, о чем свидетельствуют срывы в работе энергосистем США, строительство подчас не самых эффективных (из возможных) водохранилищ и гидроэлектростанций и т. д.

В развивающихся странах управление водохранилищами проводят как государственные органы, так и частнокапиталистические компании, причем степень влияния государства на использование водохранилищ в разных странах неодинакова; в одних преобладающее значение имеет государственное управление (Индия, Мексика, Аргентина, Сирия и др.), в других — частнокапиталистические компании на базе местных капиталов, в третьих — иностранные монополии.

3. ПРИРОДООХРАННЫЕ АСПЕКТЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОДОХРАНИЛИЩ

Природоохранные мероприятия относятся к числу важнейших на всех стадиях проектирования, подготовки, первоначального наполнения и постоянной эксплуатации водохранилищ.

На этих этапах должна предусматриваться охрана водных, земельных, биологических, минеральных и рекреационных ресурсов. Важнейшее природоохранное значение имеют режим уровней воды в верхнем бьефе и режим расходов и уровней воды в нижнем бьефе.

Охрана водных ресурсов имеет два аспекта — количественный (охрана вод от истощения) и качественный (охрана вод от загрязнения и засорения), тесно связанные между собой; истощение водных ресурсов всегда приводит к ухудшению их качественного состояния, а загрязнение части водных объектов неизбежно ведет к сокращению количества воды для реального использования.

К числу мероприятий по охране водных ресурсов от истощения относятся разнообразные водосберегающие мероприятия на территории водосборного бассейна — выравнивание речного стока с помощью создания водохранилищ и прудов, посадки лесов, защитных лесополос и т. п., разумное уменьшение водопотребления промышленностью и сельским хозяйством за счет внедрения маловодных и безводных технологических процессов, оборотного водоснабжения, уменьшения потерь из оросительных каналов на фильтрацию в грунты и т. д.

К мерам по охране вод от истощения, особенно уменьшения потерь воды на испарение, относятся также выбор режима уровней, способствующего уменьшению в наиболее жаркие периоды площади прогреваемых мелководий. Чтобы затенить прибрежную полосу водоема, высаживаются деревья. Но это эффективно только на малых русловых водохранилищах и прудах. Проводились эксперименты по покрытию всей поверхности небольших водохранилищ щитами из легких синтетических материалов (например, в ЮАР) или монокулярной пленкой из химических соединений (опыты проводились в ФРГ, США, СССР). Однако такие мероприятия свя-

заны с очень большими затратами и могут применяться только на самых малых водохранилищах.

Уменьшить потери воды на испарение можно и путем обвалования мелководных зон, однако при этом уменьшается полезная емкость водохранилища. В процессе эксплуатации проводятся работы и по борьбе с чрезмерной фильтрацией воды из водохранилищ в борта и в нижний бьеф через плотину и ее основание. Такие потери уменьшаются, если снизить высоту подпора воды на плотине (Храмское водохранилище в СССР, некоторые водохранилища в Альпах и Динарских горах).

Гораздо большее значение для увеличения водных ресурсов водохранилищ имеет задержка в них большей части паводковых вод (если это не вызывает значительного ущерба для природных комплексов в нижнем бьефе). Аккумуляция дополнительных объемов воды в водохранилище за счет более продуманного использования полезного и противопаводкового объема (в зарубежной практике противопаводковый объем обычно не включают в полезный объем) и за счет разумной форсировки уровней воды сверх НПУ позволяет не только лучше обеспечить хозяйство водой, но и решать и некоторые природоохранные задачи, например производить дополнительные попуски в низовьях рек и т. п.

Охрана водных ресурсов водохранилищ от загрязнения определяется главным образом мероприятиями в водосборном бассейне. Важнейшие из них — это прекращение сброса загрязненных вод промышленности, коммунального, сельского хозяйства, транспорта в речную систему за счет широкого применения безотходной технологии в промышленности, рационального использования и хранения удобрений в сельском хозяйстве, а также полноценной механической, биологической и химической очистки и доочистки загрязненных сточных вод.

Помимо зон санитарной охраны вод и прибрежных территорий, десятилетиями уже существующих вокруг водохранилищ питьевого назначения и питьевых водозаборов на ряде других водохранилищ, в последние годы наблюдается тенденция к созданию более широких комплексных водоохранных зон (с ограничением хозяйственной деятельности), охватывающих в ряде случаев чуть ли не весь водосборный бассейн.

В границах водоохранных зон осуществляется ряд ограничений на использование земельных, лесных, минеральных ресурсов для предотвращения загрязнения водохранилищ, а также проводятся различные гидротехнические, агролесомелиоративные мероприятия, в частности создание защитных лесных полос, строительство противоэрозионных сооружений, валов и канав, способствующих превращению поверхностного стока в подземный и т. д.

Положительное влияние на качество воды, а также на облик ландшафта оказывают небольшие буферные водохранилища, создаваемые в зонах выклинивания подпора по главной реке и притокам, а также подводные плотины-пороги. Из-за постоянного уровня и наличия преграды в буферных водохранилищах задерживаются наносы, загрязняющие вещества, благодаря чему в основном водохранилище не образуются илистые осушные зоны с гниющими остатками растений, улучшается ландшафт. Опыт создания таких водохранилищ имеется в ряде стран (ГДР, ФРГ и др.).

На небольших водохранилищах проводятся и специальные мероприятия по улучшению качества воды, в том числе аэрация застойных вод путем подачи в них воздуха, вселение растительноядных рыб, поедающих синезеленые водоросли и высшую водную растительность. Благодаря этому уменьшается вред от разложения и гниения остатков водорослей и растений, увеличивается содержание кислорода. На некоторых водохранилищах ГДР применяются специальные установки для аэрации глубинных вод в целях удаления из придонных слоев некоторых вредных для качества воды элементов (железа, марганца), уменьшения содержания сероводорода, улучшения кислородного режима. В перспективе следует ожидать широкого применения других мероприятий, увеличивающих самоочищающую способность воды, в том числе изменение направления и увеличения скоростей течений в водохранилищах, создание «воздушных завес» и т. д.

При соблюдении рационального режима использования водохранилищ для отдыха и спорта качество воды существенно улучшается. Необходимо ограничить или полностью запретить использование моторных лодок и катеров ввиду того, что их выхлопные газы значительно загрязняют воду канцерогенными веществами и нефтепродуктами. На ряде водохранилищ (Иваньковском, Клязьминском и других под Москвой) или на отдельных их участках такие меры уже проведены. Очевидна и роль общественных организаций в поддержании хорошего санитарного состояния территорий рекреационных учреждений и зон массового отдыха, в повышении природоохранной культуры поведения самих отдыхающих.

К мероприятиям по охране земельных ресурсов водохранилищ и их береговых зон относятся: укрепление берегов, подвергающихся размыву, рекультивация образующихся отмелей, занесенных заливов и бухт, использование отложений ила и сапропеля для улучшения малопродуктивных земель, мелиорация подтопляемых прибрежных земель, снятие и использование почвы с затопляемых земель и т. д. Такие мероприятия предусмотрены, например, в схемах улучшения природно-технического состояния и благоустройства ряда крупных водохранилищ СССР. Осуществление указанных мероприятий возложено на недавно созданные управления эксплуатации водохранилищ.

Охрана растительного и животного мира заключается в улучшении условий воспроизводства полезных растений и животных, в сохранении и повышении биологической продуктивности экологических систем водохранилища и его береговой полосы.

В водохранилища регулярно выпускается молодь (мальки, сеголетки или годовики) ценных промысловых рыб и рыб-санитаров (хищников и растительноядных), для чего строятся специальные рыбоводные заводы, рыбопитомники, нерестово-выростные хозяйства. В низовьях и дельтах зарегулированных рек также разводят молодь для восполнения потерь ценных проходных (осетровых, лососевых, сиговых) и полупроходных (судака, леща и др.) рыб.

Для улучшения кормовой базы рыб осуществляется акклиматизация таких организмов, как мизиды, хирономиды, олигохеты и др., в отдельных случаях проводятся посадки высших водных растений. Чтобы регулировать соотношение ценных и малоценных рыб, проводится интродукция хищных рыб, поедающих так называемых сорных рыб (ерша, окуня, плотву и т. п.), или производится усиленный отлов этих малоценных рыб.

Для естественного размножения ценных рыб в заливах, отчлененных дамбами со шлюзами, создаются нерестовые водоемы с регулируемым водным режимом — повсеместно выставляются плавучие искусственные нерестилища из синтетических материалов и хвойных ветвей, на которых рыба откладывает икру. Осушную зону засевают травами, чтобы на следующий год на остатках луговых растений рыба могла отложить икру. В периоды нереста ограничиваются колебания уровня; контролируется скорость зимнего опорожнения ряда водохранилищ, чтобы рыбы могли уйти из заморных мелководных зон и спастись от придавливания опускающимся льдом.

Для воспроизводства рыб в низовьях рек с зарегулированным стоком в некоторых речных бассейнах (Волга, Или и др.) производятся рыбохозяйственные попуски, чтобы залить нерестилища в поймах и дельтах рек, проводится эксплуатация рыбопропускных сооружений. Важны также меры по ограничению сроков и размеров улова, запрету лова в период нереста, полному запрету на отдельные ценные виды рыб.

Некоторые эксплуатационные мероприятия проводятся, как уже говорилось в гл. IV, для сохранения и обогащения фауны полуводных животных, водоплавающих и околоводных птиц. Из организационных мер имеет значение ограничение сроков и районов промысла и любительской охоты, уменьшение шумов и других беспокоящих животных факторов (например, движение моторных судов, автомототранспорта, посещение угодий туристами) и т. п.

Все шире распространяется мнение, что нельзя ограничиться лишь восстановлением ценных в хозяйственном отношении растений и животных, что сохранять нужно всю экосистему водоема

и береговой зоны в целом, поскольку в природе «все связано со всем». Поэтому задача природоохранных мероприятий при эксплуатации водохранилищ в идеале — обеспечить развитие структурно достаточно разнообразных и устойчивых сообществ, в которых сохраняется примерный баланс производства и потребления вещества и энергии.

Однако из-за отсутствия полноценных теоретических основ управления экосистемами и обоснованной методики пока не представляется возможным разработать конкретные комплексы мероприятий по сохранению в целом экосистем водохранилищ, их береговых зон и рек в нижних бьефах гидроузлов. Единственным реальным мероприятием этого плана служит в некоторой мере создание заповедников, в которых антропогенные воздействия на экосистемы сводятся к минимуму (кроме режима уровней, который определяется задачами создания водохранилищ и не может быть существенно изменен).

Охрана рекреационных ресурсов почти полностью решается перечисленными выше комплексами мероприятий по охране водных и биологических ресурсов, поскольку именно они привлекают на водохранилища отдыхающих. Кроме того, осуществляются мероприятия по охране и благоустройству береговых ландшафтов и отдельных памятников природы, истории, архитектуры.

4. РАЙОНИРОВАНИЕ, ПЛАНИРОВКА И ИНЖЕНЕРНОЕ ОБУСТРОЙСТВО ВОДОХРАНИЛИЩ КАК МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИХ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Как уже отмечалось, стремление к комплексному использованию водохранилищ становится все более характерной тенденцией в большинстве регионов и стран планеты, особенно промышленно развитых. Это обусловлено как общей интенсификацией производства в эпоху НТР, так и наметившимся дефицитом природных ресурсов, в первую очередь энергетических, продовольственных и водных.

В СССР вопросам рационального использования водных ресурсов и водных объектов, в том числе и водохранилищ, уделяется большое внимание. Уже говорилось, что в 1978 г. Совет Министров СССР принял постановление об организации, координации и выполнении мероприятий по обеспечению надлежащего технического состояния и благоустройства водохранилищ. Во исполнение этого постановления на наиболее крупных и важных для народного хозяйства водохранилищах созданы управления эксплуатации. Проектно-исследовательскими организациями Минводхоза и Минэнерго СССР широким фронтом развернуты работы по созданию проектов улучшения использования водохранилищ. Реализация соответствующих мероприятий требует больших капиталовложений, составляющих только по отдельным водохранилищам десятки и сотни миллионов рублей и миллиардные затраты в масштабе всей страны. Примерно такие же масштабы капиталовложений характерны и для других стран, в которых создаются крупные водохранилища. Целесообразность подобных затрат подтверждается научно-исследовательскими и проектными проработками. Однако основная проблема — рациональное использование выделяемых капиталовложений, что требует оптимизации состава, объема и последовательности выполнения различных мероприятий. Этого совсем не просто достигнуть в условиях острых межотраслевых и внутриотраслевых противоречий участников и компонентов ВХК, примеры которых были приведены выше. Сложность решения проблемы увеличивается необходимостью разработки и осуществления единой и скоординированной системы мероприятий на водосборе, в береговой зоне и в самом водоеме.

Накопленный в СССР опыт создания и эксплуатации водохранилищ свидетельствует, что вопросы их комплексного использования и охраны необходимо рассматривать в рамках общей проблемы — рационального природопользования. При такой постановке задачи требуются рассмотрение и учет следующих трех основных взаимосвязанных аспектов:

— оптимальное распределение водных ресурсов водохранилищ между участниками ВХК;

— максимальное освоение не только водных, но и земельных, биологических,

минеральных и рекреационных ресурсов водохранилищ и их береговых зон;

— оптимизация взаимодействия водохранилищ с окружающей средой, в том числе путем инженерных воздействий.

До сих пор наибольшее внимание как в СССР, так и в других странах уделялось первому аспекту проблемы — оптимальному распределению водных ресурсов между участниками ВХК. Для более эффективного решения этой задачи необходимо совершенствование научно обоснованных режимов эксплуатации отдельных водохранилищ и каскадов.

Эта задача осложняется не только динамичностью структуры ВХК и наличием противоречий между его компонентами, но также и необходимостью учета внеэкономических факторов (социальных, экологических, природоохранных и даже эстетических). Согласования и оптимизации этих многих факторов при постоянно обостряющемся количественном и качественном дефиците водных ресурсов невозможно достигнуть на основе решения только эксплуатационных задач, заключающихся в разработке совокупности правил наполнения и сработки искусственных водоемов.

Создавшаяся, а еще в большей степени перспективная ситуация в области интенсификации использования и охраны водных ресурсов, в том числе и водохранилищ, требует поиска новых подходов, позволяющих учесть второй и третий аспекты проблемы. Одно из перспективных — новое научно-методическое направление повышения эффективности комплексного использования водных, земельных, биологических, минеральных и рекреационных ресурсов водохранилищ на основе последовательного осуществления районирования, планировки и обустройства акваторий и береговых зон (Авакян, 1982; Авакян, Салтанкин, 1979).

Основная идея этого научно-методического подхода заключается в обосновании целенаправленного и интенсивного использования отдельных участков акваторий и береговых зон водохранилищ в соответствии с их природными особенностями, характером и перспективами хозяйственного освоения, направленностью и интенсивностью антропогенных воздействий. Иными словами, к использованию акваторий внутренних водоемов, общая площадь которых достигает многих миллионов гектаров, необходим такой же дифференцированный подход, как и при хозяйственном использовании территорий. Охарактеризуем кратко основные принципы районирования, планировки и обустройства.

Акваториальное районирование определяется нами как метод территориальной классификации (выделение акваторий и участков береговой зоны) на основе совокупности критериев, устанавливаемых в соответствии с намечаемыми целями.

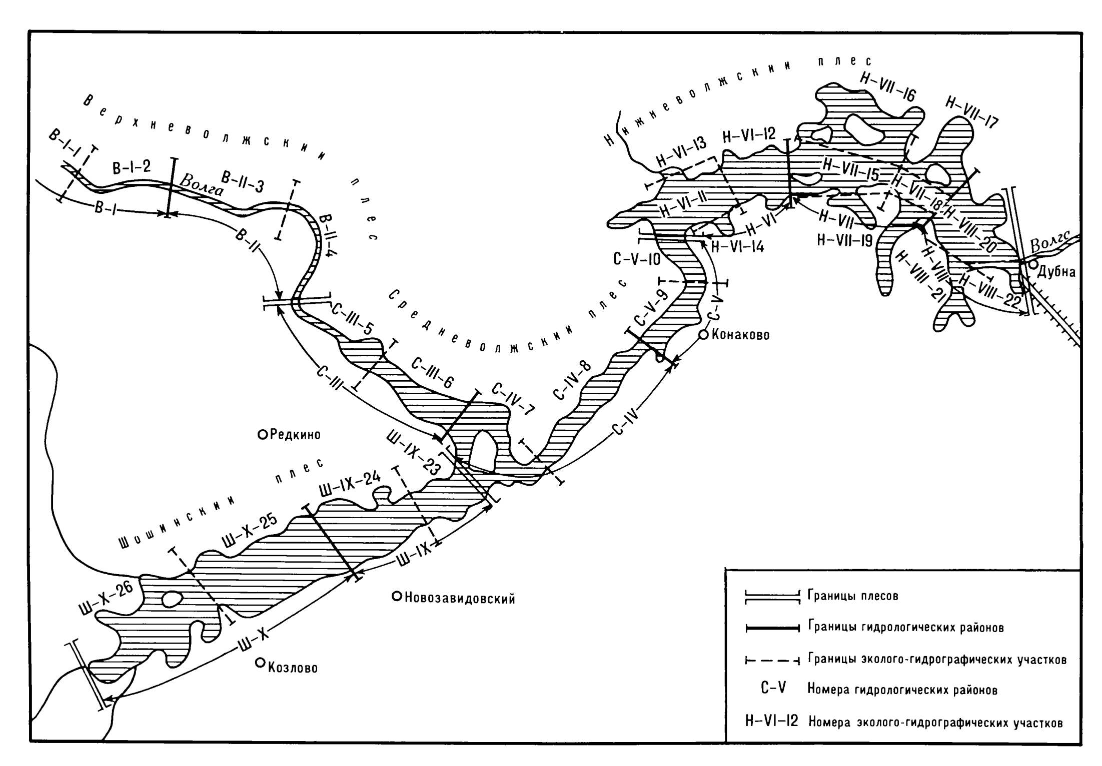
Анализ многочисленных материалов и данных комплексных исследований водохранилищ показывает существенные неоднородности пространственного (по акватории) распределения в пределах каждого достаточно крупного водохранилища следующих основных характеристик: морфолого-морфометрических (глубина, ширина, строение береговой линии), гидрологических (режим уровней, проточность, структура транзитно-циркуляционных течений, параметры ветровых волн), физико-химических (распределение температуры, взвесей, прозрачности и цветности воды, полей концентрации основных ионов, растворенных газов и биогенных элементов), гидробиологических (различия видового состава, биомассы и продуктивности бактерий, планктона, рыб, водной растительности).

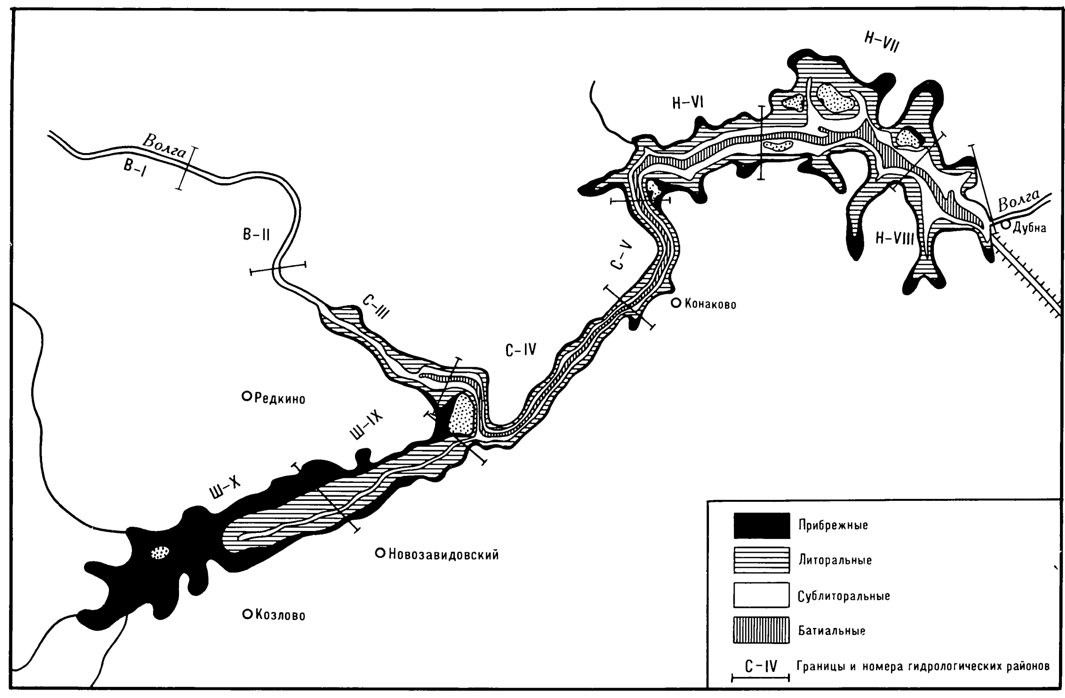
Неоднородность пространственного (по акватории) распределения основных показателей режима водохранилищ характеризуется высокими значениями коэффициентов пространственной вариации (для разных показателей от 0,40 до 1,5, что означает размах отдельных значений в 10—100 раз).

В результате антропогенного влияния неоднородность режимов отдельных участков акватории приобретает все более резкий характер, в особенности по комплексу гидрохимических (загрязнители) и гидробиологических (евтрофирование) показателей. Обобщение данных исследований различных режимных особенностей водохранилищ дает основание рассматривать их как неоднородные (гетерогенные) объекты по комплексу основных характеристик.

72. Гидрологическое районирование Иваньковского водохранилища на Волге

73. Природно-акваториальные комплексы Иваньковского водохранилища





Акваториальное районирование водохранилищ может служить основой или использоваться для решения следующих задач: проведения различных балансовых расчетов (энергии и вещества), характеризующих структуру природных комплексов меньшего ранга (аквасистем, зон, участков, биотопов); разработки моделей (гидравлических, гидрологических, экологических, каче-

ства воды); оптимизации исследований, в частности для рационального размещения станций наблюдений на акватории; оценки степени антропогенного воздействия на водоем (особенно на качество воды); оценки динамики водоемов (путем сравнения результатов районирования, полученных в разные годы); разработки типологии и классификации водохранилищ.

Критериями акваториального районирования водохранилищ может служить комплекс основных характеристик — морфологических, гидрологических, физико-химических и биологических, а при районировании береговых зон водохранилищ — воздействие природных и антропогенных территориальных комплексов на формирование качества воды, структуру и продуктивность экосистем водохранилищ.

Применительно к водохранилищам необходимо различать следующие виды районирования: однофакторное, многофакторное и комплексное. Однофакторное (частное) — это районирование по одному показателю, например по глубине, высоте волны, прозрачности воды и т. д. К многофакторному можно отнести районирование по группе показателей «одной природы» — морфологических, гидрологических и т. д. Комплексным считается такое районирование, в котором учитывается сопряженный комплекс показателей — морфометрических, гидрологических, физико-химических и гидробиологических.

С учетом опыта районирования крупных водохранилищ СССР, выполненного разными авторами, предлагается следующая система таксономических единиц комплексного районирования водохранилищ: плес, гидрологический район, эколого-гидрографический участок, природно-акваториальный комплекс, биотоп.

Границы между таксономическими единицами из-за постоянной циркуляции водных масс представляют собой переходные зоны той или иной ширины и длины и лишь в случаях наличия естественных или искусственных рубежей (подводных гряд, островов, гидротехнических сооружений) могут иметь линейный характер (рис. 72, 73).

Размеры береговой зоны, входящей в систему акваториального районирования, определяются масштабами интенсивного взаимодействия акватории и береговой зоны. Предлагается выделить следующие таксономические единицы: зона воздействия акватории на природную среду (подтопление, геодинамические процессы); зона воздействия территории на акваторию (до линии местных водоразделов); территориальные комплексы (природные, антропогенно измененные, искусственного происхождения) (рис. 74).

Прикладное значение комплексного районирования водохранилищ заключается в том, что только на основе его результатов может быть проведена достаточно полная инвентаризация ресурсов водохранилища и береговой зоны — водных, земельных, минеральных, биологических и рекреационных.

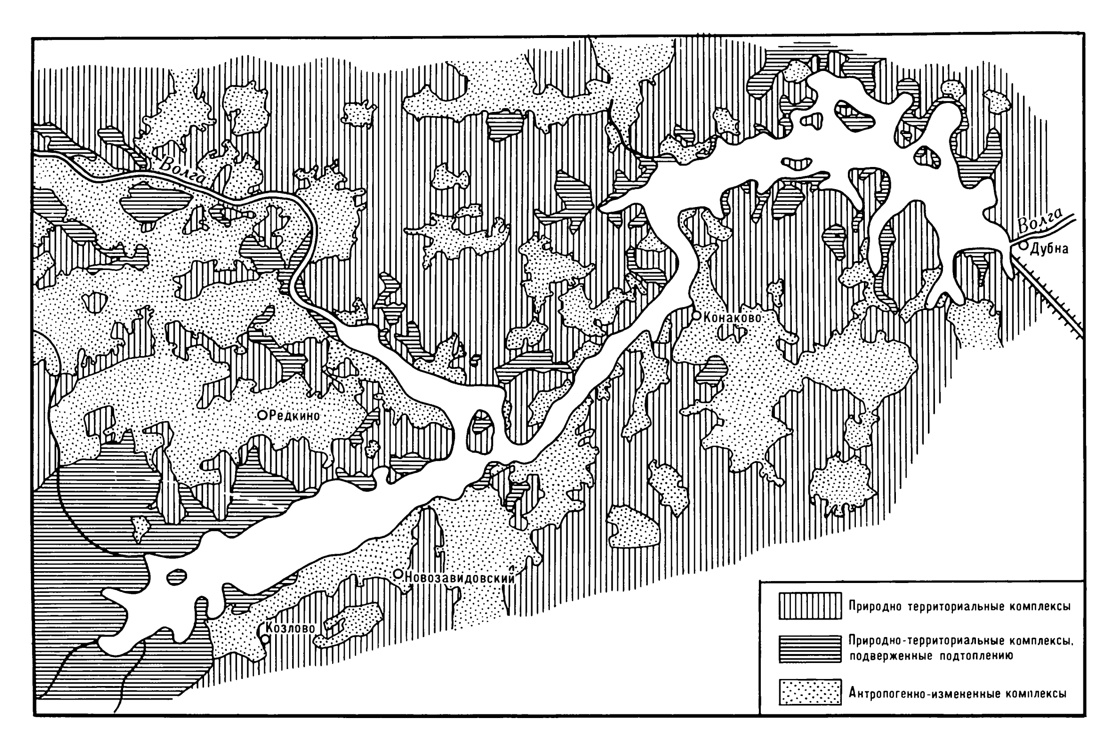
П л а н и р о в к а в о д о х р а н и л и щ — это совокупность действий в целях упорядочения пространственной структуры водоема и рациональной организации путем направленного использования отдельных участков акваторий и береговых зон, т. е. разработка конкретной схемы размещения, режима функционирования и взаимодействия промышленных, селитебных, рекреационных, биопродукционных, природоохранных зон, районов неблагоприятного антропогенного воздействия.

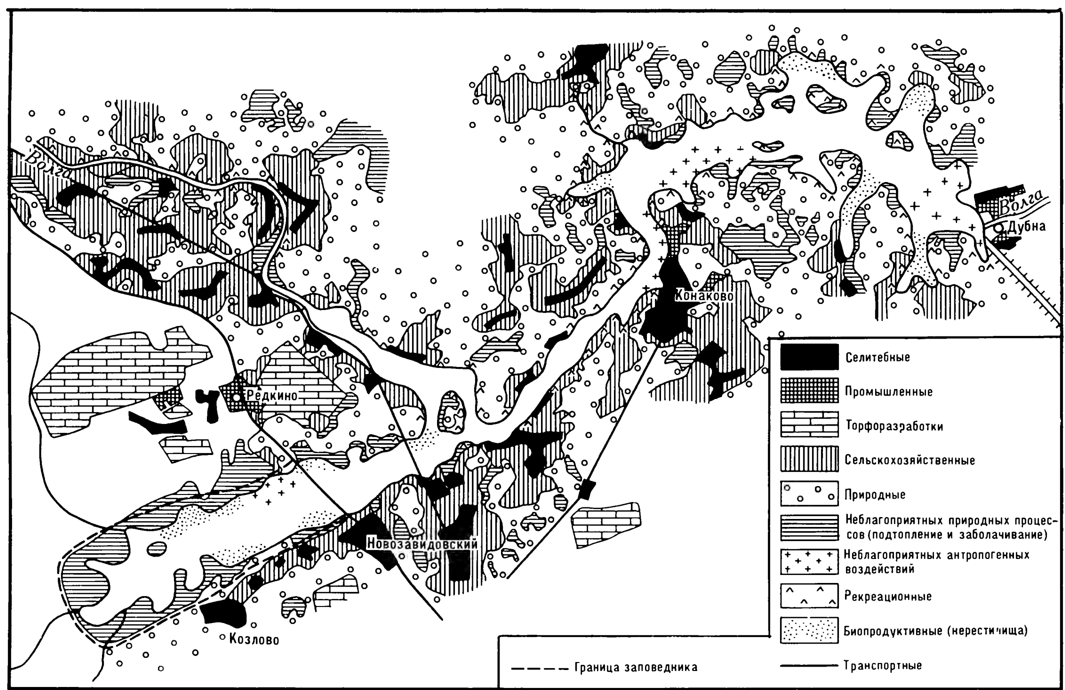
В процессе планировки акватории водохранилищ определяются: оптимальная площадь мелководий и желаемая степень их зарастаемости высшей водной растительностью; участки нагула и нереста, обеспечивающие нормальное воспроизводство рыбы; участки загрязненных донных отложений, подлежащих удалению; участки, где необходимо дноуглубление: места размещения водозаборов, хозяйственных, рекреационных и природоохранных объектов и т. п.

Планировка водохранилищ проводится на основе результатов акваториального районирования и предназначена для того, чтобы определить наиболее целесообразные виды и интенсивность хозяйственной и природоохранной деятельности на каждом из участков акватории и береговой зоны. Она может осуществляться и в интересах отдельных отраслей хозяйства, и с учетом требова-

74. Районирование береговой зоны Иваньковского водохранилища

75. Схема функционального зонирования Иваньковского водохранилища





ний нескольких из них. Это позволит организовать такое целевое использование акватории и территории, которое наиболее соответствует специфике природных процессов и антропогенных воздействий на отдельных участках.

При научном обосновании и конкретной разработке схем планировки акваторий и береговых зон водоемов необходимо учитывать следующие принципы:

а) обязательность инвентаризации природных условий и ресурсов водохра-

нилищ. В понятие «ресурсы водохранилища» помимо собственно водных ресурсов включаются также земельные, биологические, рекреационные и минеральные. Кроме того, акватория, ложе и береговая зона водохранилища — это пространственный базис для размещения различных объектов. При оценке территориальных сочетаний отдельных видов ресурсов необходимо учитывать не только хозяйственную ценность, но и их охранную (барьерную) роль в сохранении качества воды, структуры экосистем, эстетической или рекреационной ценности ландшафтов;

б) функциональное зонирование береговых зон и акваторий должно производиться с учетом их взаимосвязи и взаимовлияния, поскольку сочетания различных видов ресурсов пространственно неоднородны (рис. 75, 76);

в) разработка гипотезы комплексного использования водохранилищ должна проводиться с учетом не только сложившейся, но и перспективной структуры хозяйства, поскольку водохранилища могут изменять свои функции в зависимости от развития водопотребителей и водопользователей и всего хозяйственного комплекса района;

г) вариантность планировочных гипотез и выбор наилучшей из них (оптимизация) ввиду сложности прямых и обратных связей между природными комплексами и хозяйственными системами, а также вариантности уровней развития хозяйства и его структуры на перспективу.

Техническое обустройство водохранилищ — совокупность водохозяйственных, инженерных, экологических и организационных мероприятий, осуществляемых с целью реализации разработанной рациональной планировочной схемы.

Поскольку возможные меры воздействия на водоемы чрезвычайно разнообразны, возникает необходимость оптимизации состава и последовательности этих мер (табл. V-3).

Таблица V-3
Система мероприятий по обустройству водохранилищ

Тип мероприятий	*Целевая установка*	*Используемые средства воздействия*	*Возможные мероприятия*
Водохозяйственные	Достижение оптимального режима стока и уровней водоема	Управляющие системы гидротехнических сооружений (затворы, насосные установки, шлюзы, гидротурбины)	Изменение уровня воды (в исключительных случаях, изменение отметок, ФПУ, НПУ), глубины навигационной, предзимней и зимней сработок водохранилищ
Инженерно-технические	Обеспечение необходимых условий для хозяйственной деятельности на отдельных участках акватории и береговой зоны	Создание инженерных сооружений, использование технических устройств	Строительство защитных и др. дамб, насосных установок, укрепление берегов, дноуглубление, строительство очистных сооружений, отчленение мелководий
Экологические (биотехнические)	Создание условий для воспроизводства и охраны хозяйственно ценных биологических ресурсов	Направленное и контролируемое изменение структуры, функций и продуктивности биогеоценозов, биогидроценозов	Изъятие излишних масс органических веществ и живых организмов, внесение удобрений, аэрация воды, улучшение воспроизводства и местообитания, подавление отдельных видов, интродукция, рационализация промысла
Организационные	Комплексное и рациональное природопользование в районах водохранилищ	Государственные законодательные акты, ведомственные постановления, инструкции, нормативы	Регламентация деятельности предприятий, хозяйств, отдельных граждан. Установление водоохранных, заповедных зон.



76. Один из заливов Куйбышевского водохранилища.

К важнейшим из них относятся: обеспечение нужного уровенного режима инженерными сооружениями (дамбы, насосные станции и др.) для оптимизации гидрологического, гидрохимического и гидробиологического режимов на отдельных участках; воздействие на круговорот вещества и энергии путем изъятия загрязненных донных отложений, излишних масс органических веществ или же усиления продуктивности водоема внесением удобрений; аэрация и подготовка воды в местах водозаборов; создание охранных, заповедных и буферных зон; направленное формирование экосистем, организация рационального использования береговой зоны и многое другое.

Таким образом, акваториальное районирование, планировка и обустройство водохранилищ представляют собой конструктивный подход, соответствующий материалистической стратегии использования природных объектов человеком, познанию структурной организации объекта (районирование), представлению об оптимальной пространственной и функциональной структуре (планировка), направленному воздействию на объект в целях управления (обустройство). Практическое осуществление планировки и обустройства водохранилищ будет способствовать разрешению или смягчению межотраслевых и внутриотраслевых противоречий в отношении к режиму уровней и к использованию акваторий и береговых зон, а также улучшению качества воды и уменьшению отрицательных воздействий водохранилищ на окружающую среду.

5. ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ В СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РАЗВИВАЮЩИХСЯ И КАПИТАЛИСТИЧЕСКИХ СТРАНАХ

На создание и использование водохранилищ большое влияние оказывают политический строй и социально-экономические особенности государств. В капиталистических странах при наличии общегосударственных, региональных и отраслевых программ превалируют все же интересы национальных и транснациональных монополий — их стремление к получению максимальной прибыли. Водохранилища считаются побочным продуктом гидроузлов.

В развивающихся странах политика в области водного хозяйства во многом определяется степенью их политической и экономической зависимости от крупных капиталистических держав и направлением их социально-экономического развития. Поэтому имеются значительные различия в характере создания и использования водохранилищ и мероприятий по компенсации нарушений.

В социалистических странах создание водохранилищ носит плановый характер, а их использование определяется общегосударственными интересами, учитываются экономические, национальные, экологические факторы и условия. В частности, проводится полное жилищно-бытовое и трудовое устройство переселяемых жителей.

Большой опыт создания и эксплуатации водохранилищ в СССР исследован многими специалистами, что позволило разработать по всем аспектам проблемы нормативно-методические документы

(методики, инструкции, ГОСТы и др.), носящие обязательный характер. Принят ряд специальных постановлений Совета Министров СССР, регламентирующих подходы к созданию и использованию водохранилищ.

В результате всестороннего подхода к планированию, проектированию и осуществлению мероприятий решается комплекс социально-хозяйственных задач. При этом условия жизни переселяемого населения, как правило, улучшаются, для него создаются новые или восстанавливаются прежние условия труда путем освоения новых или мелиорации существующих земель, создания новых предприятий и переустройства инфраструктуры и т. д.

В капиталистических странах планирование создания водохранилищ лишь в части случаев ведется в соответствии с комплексными национальными и региональными программами. Система водохранилищ комплексного назначения в бассейне р. Теннесси, каскады водохранилищ на р. Миссури и Колорадо созданы Бюро мелиорации и некоторыми другими федеральными ведомствами США. Аналогичное положение наблюдается в капиталистических государствах с национализированными водным хозяйством, энергетикой и т. д., например во Франции, где большая часть водохранилищ создана государственными организациями (Electricite de France, Companie Nationale du Rhône), в Норвегии (Norsk Hidro), отчасти в Великобритании (British Waterwats), в Швейцарии (Schweiz. Bundesbahnen) и др.

Отметим, что в США неоднократны случаи, когда частнокапиталистические компании (железнодорожные, теплоэнергетические) оказывали существенное противодействие и затягивали на десятки лет комплексное решение проблем, связанных с регулированием стока и созданием водохранилищ в национальных интересах (см. гл. XI). Кроме того, между самими капиталистическими странами подчас возникают существенные противоречия при использовании водных ресурсов и регулировании стока пограничных или протекающих по территории нескольких стран рек. Наиболее острые и широко известные разногласия имеются между США и Канадой, некоторыми странами Западной Европы.

Развивающиеся страны по социально-экономическому устройству многообразны: одни идут по капиталистическому пути (Бразилия, Аргентина, Чили, Египет, Марокко, Пакистан, Турция, Таиланд и др.), другие тяготеют к социалистическому пути развития (Сирия, Ирак, Афганистан, Эфиопия, Мадагаскар, Алжир и т. д.). Есть страны, которые, находясь в системе мирового капиталистического хозяйства, не имеют четко выраженного пути развития. В некоторых осуществляются демократические преобразования, заметно стремление найти свой путь в решении социально-экономических проблем.

Проектирование и строительство водохранилищ в развивающихся странах чаще всего ведут иностранные фирмы (в том числе и из социалистических стран), но в некоторых из них (Бразилия, Индия, Аргентина, ЮАР и др.) есть свои достаточно квалифицированные национальные организации.

В странах, находящихся (или находившихся ранее) в сильной экономической и политической зависимости от капиталистических государств, проектирование и строительство гидроузлов и водохранилищ ведется нередко без учета местных интересов, а иногда и вопреки им, без достаточного контроля со стороны правительств. Естественно, что в таких условиях иностранные монополии пренебрегают интересами национального хозяйственного и социального развития. Такое положение было особенно характерно для колониального периода существования ныне развивающихся стран.

Монополии, как уже отмечалось, заинтересованы в получении максимальной прибыли при минимальных затратах, поэтому подготовка водохранилищ рассматривается ими как принудительное расходование средств без эффекта в виде дополнительной прибыли.

В первый период массового создания водохранилищ в этих странах недостаточно учитывалось их отрицательное влияние на некоторые природные процессы в верхних и нижних бьефах гидроузлов и соответственно не проводились необходимые компенсационные мероприятия. Так, в сметах на строительст-

во не предусматривались меры по спасению животных, погибавших при быстром заполнении больших водохранилищ. Лишь благодаря усилиям общественности, отдельных ученых и энтузиастов были организованы специальные операции по спасению животных при заполнении водохранилищ Кариба, Брокопондо и некоторых других.

Недостаточное внимание уделялось также качеству воды, санитарно-гигиеническим и другим мероприятиям по охране здоровья населения. В колониальных и развивающихся странах при подготовке ряда водохранилищ не обеспечивалось создание систем централизованного водоснабжения, поэтому имели место случаи широкого распространения желудочно-кишечных заболеваний. Не исследовались в нужном масштабе вопросы распространения таких тяжелых болезней, как онхоцеркоз, шистосомоз, трипаносомоз (сонная болезнь), малярия и др., и не проводились в надлежащем объеме профилактические мероприятия, а если и проводились, то в основном по инициативе и за счет средств Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) (Deom, 1975; Man-Made..., 1975; Black, 1975). Между тем пример СССР показывает, что при повсеместном проведении комплекса мелиоративных, профилактических и лечебных мероприятий могут быть практически полностью искоренены такие заболевания, как малярия (Водохранилища мира, 1979).

В ряде случаев монополии капиталистических государств сооружают предприятия вредных производств не на своих территориях, а в развивающихся странах. Благодаря созданию крупнейших гидроузлов и гидроэнергетических водохранилищ в Бразилии, Аргентине огромное количество дешевой гидроэлектроэнергии потребляется энергоемкими производствами, фактически принадлежащими монополиям США, Канады, ФРГ, Японии. Но эти монополии, получая сверхприбыли, не осуществляют хотя бы частичную компенсацию неблагоприятных социальных хозяйственных и экологических последствий, обусловленных созданием водохранилищ.

В проектах ряда африканских и азиатских водохранилищ, разработанных американскими, западноевропейскими и японскими фирмами, недостаточно учитывались сложные национальные, этнические, религиозные особенности, что в ряде случаев снижало эффективность проводимых мероприятий по переустройству местного хозяйства и переселению жителей. Сложности подобного рода возникали при подготовке водохранилищ Кариба, Вольта, Насер, Каинджи и ряда других (Dams in Africa, 1968; Cheret, 1973; Дмитревский, 1969; Scudder, 1969).

Широко рекламируемая на Западе деятельность Международного банка по реконструкции и развитию полностью контролируется США. Помощь на создание гидроузлов и водохранилищ предоставляется только в тех случаях, когда развивающиеся страны целиком соблюдают «пресловутые жизненные интересы» США, особенно в политической и экономической областях. Кроме того, выдается она под такие проценты и на таких кабальных условиях, что огромная внешняя задолженность многих развивающихся стран не только не уменьшается в результате прибыли от реализации проектов, но, наоборот, увеличивается. Подобные примеры особенно многочисленны при создании водохранилищ в ряде стран Латинской Америки и Азии.

Напротив, огромная по своим масштабам помощь, оказываемая СССР развивающимся странам при создании гидроузлов и водохранилищ, предоставляется на льготных условиях, способствует национальному прогрессу развивающихся стран; при этом не навязываются требования политико-экономического характера, противоречащие суверенитету развивающихся стран. Такова помощь, оказанная СССР Египту, Афганистану, Вьетнаму, Индии, Ираку, Кампучии, КНДР, Лаосу, Сирии, Перу и многим другим странам.

Эксплуатация водохранилищ в странах с различными социально-экономическими условиями также осуществляется по-разному. Неудовлетворительное осуществление мероприятий из-за недостаточного их планирования и финансирования при создании водохранилищ в течение длительного времени отрицательно сказывается как на условиях жизни местного населения, так и на эффекте использования водохранилищ. На-

пример, в процессе строительства водохранилища Каинджи в Нигерии не была проведена в требующемся объеме очистка ложа водохранилища от древесно-кустарниковой растительности, что впоследствии затруднило рыбный промысел, ставший источником существования многих местных жителей, в том числе переселенцев из зоны затопления водохранилища.

В капиталистических странах рациональное использование водохранилищ осложняется конкурентной борьбой между монополиями и неустойчивостью экономической конъюнктуры. Интересами местного хозяйства и населения при этом часто пренебрегают. Особенно это характерно для государств с реакционным, расистским режимом, а в прошлом — для многих колоний.

В социалистических странах эксплуатация водохранилищ ведется по согласованным с заинтересованными ведомствами и органами государственной власти правилам, учитывающим как достижение запланированных эффектов в энергетике, ирригации, водоснабжении и т. д., так и интересы местного хозяйства и населения и охраны окружающей среды.

Так, например, в СССР достигнуты существенные успехи в изучении последствий создания водохранилищ для окружающей среды. Активные исследования начали развиваться в 50—60-х годах. Их стимулировали большие масштабы гидротехнического строительства в европейской части СССР и начавшееся освоение гидроэнергетических ресурсов Сибири. Создание и эксплуатация крупных водохранилищ на Волге, Днепре, Ангаре, Оби и Иртыше выдвинули перед проектировщиками, эксплуатационниками и учеными ряд новых проблем: прогнозирование переформирования берегов и всплывания торфяников, исследование влияния зарегулирования стока на ледовый, гидрохимический и гидробиологический режимы рек, на условия воспроизводства и нагула проходных и полупроходных видов рыб. Одновременно выявлялись изменения режима грунтовых вод в прибрежной полосе и влияние водохранилищ на почвы, климат, растительность и животный мир прилегающих территорий. Несколько позже аналогичные работы начали проводиться в нижних бьефах гидроузлов, включая дельты рек и взморья.

Одновременно изучалось воздействие водохранилищ на хозяйственные условия и объекты.

Ряд крупных не только практических, но и научных проблем возник в связи с изъятием земель под водохранилища, переселением сотен тысяч людей, переустройством хозяйства, подготовкой ложа водоемов и их комплексным использованием.

С углублением исследований тех или иных преобразований природы все более увеличивалось число учитываемых факторов и все более надежно устанавливались взаимосвязи между природными процессами и хозяйственной деятельностью.

Из краткого обзора особенностей создания и использования водохранилищ в странах с различными политическими и социально-экономическими условиями отчетливо выявляются принципиальные различия в учете как общенациональных, так и местных социально-экономических интересов и нужд местного населения и охраны окружающей среды. В странах, развивающихся по капиталистическому пути, на первом месте стоят интересы монополий. Для стран, развивающихся по социалистическому пути, характерны поиски и реализация планового подхода к созданию и эксплуатации водохранилищ.

Раздел второй

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ

Глава шестая

ОСНОВНЫЕ РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВОДОХРАНИЛИЩ И ИХ РАЗМЕЩЕНИЕ ПО МАТЕРИКАМ И РЕГИОНАМ

1. ФОНД ВОДОХРАНИЛИЩ МИРА

Интенсивное социально-экономическое развитие общества на базе научно-технического прогресса, стремительный рост населения Земли (с 1,6 млрд. человек в 1900 г. до 4,8 млрд. человек в настоящее время), необходимость удовлетворения быстро растущих потребностей человека привели к резкому увеличению использования водных, земельных, энергетических и других природных ресурсов. Потребовалось управление водными ресурсами и их перераспределение во времени (между годами, сезонами года, днями недели и т. д.) и по территории (переброски речного стока из областей избыточного в области недостаточного увлажнения, из соседних бассейнов в промышленные районы и т. д.). Основным средством такого управления водными ресурсами стали водохранилища, их системы и каскады.

В результате в мире в XX в., особенно во второй его половине, появился огромный водохранилищный фонд, который, естественно, распределен по тер-

Таблица VI-1

Число и полный объем водохранилищ емкостью более 100 млн. куб. м и некоторые удельные показатели по материкам и странам

Части света, материки, страны	Количество водохранилищ	Полный объем водохранилищ, куб. км	Средний объем рассматриваемых водохранилищ, куб. км	Объем речного стока, куб. км/год	Отношение объема водохранилищ к речному стоку, %	Приходится объема водохранилищ на 1 жителя, тыс. куб. м	Приходится объема водохранилищ на 1 кв. км территории, тыс. куб. м
1. Европа	512	586,2	1,1	3 100	19	0,8	56
в том числе:							
СССР	132	407,7	3,1	1 025	40	2,3	73
Зарубежная Европа	380	178,5	0,5	2 075	12	0,3	36
2. Азия	647	1 536,3	2,4	13 190	12	0,7	35
в том числе:							
СССР	105	765,6	7,3	3 225	24	8,6	46
Зарубежная Азия	542	770,7	1,4	9 965	8	0,4	29
Китай	147	237,3	1,6	2 880	8	0,3	25
Индия	202	226,9	1,2	586	31	0,3	69
Ирак	7	131,6	18,8	34	387	11,0	293
3. Африка	115	884,7	7,7	4 225	24	2,1	29
в том числе:							
Гана	1	148,7	148,7	70	212	12,3	619
Египет	2	149,0	...	73	204	3,7	150
Замбия и Зимбабве	4	161,6	...	119	140	...	140
4. Северная Америка	887	1 677,3	1,9	5 950	29	4,6	70
в том числе:							
США	689	778,9	1,3	1 735	45	3,5	83
Канада	140	770,5	5,5	2 740	28	30,8	77
Мексика	140	127,9	2,2	330	39	1,8	65
5. Южная Америка	211	688,7	3,3	10 380	7	3,1	39
в том числе:							
Бразилия	92	352,6	3,5	5 668	6	3,1	41
Аргентина	32	112,8	3,5	289	39	4,0	52
Венесуэла	16	143,9	9,0	761	19	11,0	158
6. Австралия и Океания	70	75,7	1,1	1 965	4	3,6	8
в том числе:							
Австралия	60	70,0	1,1	344	20	5,0	9
Всего	2 442	5 448,9	2,2	38 830	14	1,2	36
в том числе:							
СССР	237	1 173,3	5,0	4 350	27	4,2	52

ритории Земли неравномерно из-за многообразия природных, экономических, социально-политических условий в разных странах и регионах.

Всего в мире, по нашим подсчетам на основе главного официального источника — Мирового регистра плотин (World Register of Dams, 1964, 1973, 1976) и обобщающих данных по странам, не учтенных в регистре, и паспортизации водохранилищ СССР, в настоящее время имеется и строится не менее 30 тыс. водохранилищ объемом более 1 млн. куб. м.

Анализ водохранилищного фонда мира дается нами (табл. VI-1, приложение 3) на основе данных только по средним и большим водохранилищам (более 0,1 куб. км). Это обусловлено следующими обстоятельствами. По малым и небольшим водохранилищам (объем — 1—99 млн. куб. м) статистические сведения в ряде стран не отличаются полнотой. Так, в Мировом регистре плотин по Китаю приводятся данные о 500 объектах, тогда как Национальный комитет по большим плотинам представил в ICOLД (Комиссию по большим плотинам) список 12 500 плотин (Mermel, 1973). Неполные перечни плотин и водохранилищ представлены также по СССР, Норвегии, Швеции, Австрии, ФРГ, Швейцарии и др. Кроме того, в Мировом регистре плотин не учтены плотины и водохранилища стран, не являвшихся до 1976 г. членами ICOLД, в том числе КНДР, ГДР и др.

В связи с этим нами обобщены материалы только по средним и большим водохранилищам, по которым кроме Мирового и национальных регистров плотин были использованы различные справочные и литературные источники. Например, по СССР учтены литературные источники (Авакян, Шарапов, 1977; Широков и др., 1980) и результаты обработки проводимой ныне паспортизации водохранилищ; в нашем распоряжении были данные по 2,6 тыс. водохранилищ из предполагаемого общего их числа около 4 тыс.

Данные табл. VI-1 и приложения 5, по нашему мнению, вполне достаточны для оценки общих масштабов водохранилищного фонда и отчасти его размещения (рис. 77), поскольку в более чем 2500 водохранилищах объемом свыше 100 млн. куб. м содержится около 5,5 тыс. куб. км воды, или 95% суммарного полного объема всех водохранилищ мира; по количеству их удельный вес составляет примерно 8% (табл. VI-2).

Если учесть суммарный полный объем малых и небольших водохранилищ тех стран, по которым имеются регистровые материалы, а по остальным государствам установить этот объем расчетным путем (пропорционально удельному весу, приведенному в табл. VI-2), то суммарный полный объем всех водохранилищ мира может быть оценен в 5,8—6,0 тыс. куб. км.

Данные о полезном объеме водохранилищ приводятся лишь по части объектов — большинству водохранилищ США (до 1963 г.), Мексики, Индии, ряда европейских государств, почти по всем водохранилищам СССР, а также по некоторым большим и средним водохранилищам в остальных государствах. Этот важный показатель характеризует возможности регулирования речного стока. Наибольший удельный вес полезного объема в полном объеме имеют водохранилища ирригационного и противопаводкового назначения (до 80—95%), высок он у одноцелевых гидроэнергетических водохранилищ сезонного и мно-

Таблица VI-2

Удельный вес водохранилищ объемом 100 млн. куб. м и более в общем фонде водохранилищ

Страны и регионы	Водохранилища полным объемом более 100 млн. куб. м, в % к общему объему: число	полный объем
СССР	9	98
в том числе: европейская часть	7	97
Зарубежная Европа	16	85
в том числе: Великобритания	4	44
ФРГ	7	50
Франция	8	70
Италия	6	65
Испания	21	87
Индия	14	93
Япония	2	47
Китай	28	96
США	17	84
Канада	26	98
Бразилия	22	94
В среднем по указанным регионам и странам	15	96

77. Схема размещения самых больших водохранилищ мира

Объем водохранилищ (км ^{3})
1-10
10-25
25-50
50-100
более 100

голетнего регулирования, особенно горных (от 60—70 до 90%), достигает средних величин (40—60%) у комплексных энергоирригационных, энерготранспортных, водоснабженческих и невелик у водохранилищ нижних ступеней гидроэнергетических и воднотранспортных каскадов и некоторых других водохранилищ. Учитывая указанные различия по крупным странам и используя методы аналогии и экстраполяции, мы оцениваем суммарный полезный объем водохранилищ мира примерно в 3,3—3,5 тыс. куб. км, что почти равно 10% среднегодового стока всех рек мира.

Другой важный показатель водохранилищ — площадь их водного зеркала. Этот параметр известен по всем водохранилищам СССР, США (созданным до 1963 г.), по ряду водохранилищ европейских стран, Индии, по крупным водохранилищам других стран мира (Obras realisādas, 1969; Martin, Hanson, 1966; Chmeliček, 1966; Babinski, 1974; Gastescku, Breyer, 1973; Sch. Talsperren, 1972; Link, 1970; Gulhati, 1950; Grengg, 1975). Экстраполируя полученные величины, можно оценить общую площадь зеркала водохранилищ в 600—620 тыс. кв. км, а без учета подпруженных озер — в 360—380 тыс. кв. км. Если исключить из последней площади водную поверхность рек и небольших пойменных озер, то получится, что водохранилищами затоплено на Земле примерно 330—350 тыс. кв. км, или 0,2% территории суши.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что водохранилища стали заметным компонентом окружающей среды в целом и важнейшей составной частью речных систем земного шара.

2. ОСНОВНЫЕ РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВОДОХРАНИЛИЩ

На земном шаре имеются разные по генезису типы водохранилищ, но самые распространенные — долинные (образованные подпором рек), озера-водохранилища и наливные. Неодинаковы степень регулирования речного стока, ве-



личина проточности, глубина сработки и др. В больших пределах изменяются морфометрические параметры водохранилищ. Их полный объем колеблется от одного до 169 300 млн. куб. м, полезный объем — от долей 1 млн. куб. м до 204 800 млн. куб. м (озеро-водохранилище Виктория) и до 90 000 млн. куб. м в долинном водохранилище Вольта, площадь зеркала — от долей квадратного километра до 76 000 кв. км у озер-водохранилищ (Виктория) и 8480 кв. км (Вольта) у водохранилищ остальных типов. Велики также различия в длине водохранилищ — от нескольких километров (и даже сотен метров у глубоководных горных водохранилищ) до 600—700 км, максимальная ширина — от сотен метров до 60—100 км (Виктория, Байкал, Онтарио, Виннипег, Рыбинское, Вольта и др.). Наиболее глубокие водохранилища (до 200—300 м) образованы высокими плотинами в горных ущельях (Нурекское — рис. 78, Чиркейское, Ингурское, Саянское — в СССР, Гранд-Диксанс, Эмоссон, Мовуазен — в Швейцарии, Оровилл, Поуэлл — рис. 79 — в США, Мика — в Канаде и др.). Глубоки также некоторые озера-водохранилища (Байкальское — 1620 м, Онтарио — 236, Онежское — 127, Венерн — 100 м и т. д.), но эта глубина обусловлена не величиной подпора, а рельефом естественной котловины озера.

Чрезвычайно многообразна форма акваторий водохранилищ (рис. 7, 10 и др.). Преобладают водохранилища вытянутой формы с более или менее извилистой береговой линией, но немало также водоемов очень сложной формы (корневидной, вилообразной, многолопастной и др.) или, наоборот, простой (округлой, овальной и др.). Обычно ширина в нижней части водохранилища наибольшая (кроме приплотинного участка, поскольку для сооружения плотин выбирают самые узкие места долины), но есть и водохранилища, более широкие в верховьях (Бухтарминское, Красноярское и др.). У водохранилищ может быть узкая речная и широкая озерная части (Байкальское, Онежское, Иль-

78. Самое глубокое в мире крупное Нурекское водохранилище на р. Вахш в Таджикской ССР

79. Глубоководное водохранилище Поуэлл на р. Колорадо (США)



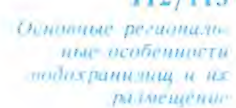
менское, Бухтарминское — в СССР, Онтарио, Виктория, Венерн и др. — в зарубежных странах).

Большинство водохранилищ сооружается для целей гидроэнергетики, ирригации и водоснабжения; для остальных целей используется меньшее их число. В последние десятилетия относительная роль ирригации и водоснабжения непрерывно усиливается, а роль гидроэнергетики и водного транспорта уменьшается, за исключением развивающихся стран с богатыми гидроэнергоресурсами (во многих из них водохранилища создаются именно в интересах энергетики) и менее освоенных регионов социалистических (СССР, Югославия, Румыния, Вьетнам и др.) и некоторых капиталистических государств (Канада, Норвегия, Швеция, Япония и др.).

3. ОСОБЕННОСТИ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ

Водохранилища, как уже указывалось, имеются на всех континентах, кроме Антарктиды, во всех странах, во всех географических поясах, кроме арктического и антарктического, во всех высотных поясах, вплоть до подножия горных ледников (рис. 80). Водохранилища есть и во влажных и в аридных зонах Земли, однако размещены они по территории земного шара и в пределах большинства государств очень неравномерно из-за многообразия природных и социально-экономических условий.

Особенно неравномерно размещены крупные водохранилища, созданные на





80. Водохранилище Грис в Швейцарии, в него стекает одноименный ледник; видны плавающие глыбы льда



81. Гидроэнергетическое водохранилище Монар на Северо-Шотландском нагорье (Великобритания)

больших низменностях и плоскогорьях. К тому же многие крупные водохранилища сосредоточены в областях с обилием больших озер (таких на земном шаре немного — Фенноскандия, Канадский щит, Восточная Африка, север Средней Сибири, Швейцарское плоскогорье и некоторые другие, меньшие по площади районы). Размещение малых, небольших и средних водохранилищ более равномерно, так как небольшие реки имеются почти везде. Следует отметить, что распределение крупных водохранилищ по территории было бы еще более неравномерным, если бы их создавали только в наиболее благоприятных орографических и геологических условиях (рис. 81). Однако территориальное несовпадение регионов с благоприятными для создания водохранилищ условиями и районов концентрации населения, промышленности, интенсивного сельского хозяйства приводило к необходимости создания водохранилища ближе к водопотребителям, в областях с менее подходящими условиями, что привело к более равномерному их размещению.

Распределение фонда водохранилищ объемом более 100 млн. куб. м по материкам и крупным государствам, приведенное в табл. VI-1, показывает, что больше всего таких водохранилищ в Северной Америке (почти 900), Азии (около 650) и Европе (более 500). Если же учесть все водохранилища объемом свыше 1 млн. куб. м, то на долю этих частей света придется еще большая их часть, поскольку в США, зарубежной Европе, на европейской территории СССР и в некоторых странах Азии (Япония, Китай, Индия и др.) очень много

82. Водохранилище Насер на р. Нил в Египте, имеющее огромное значение для орошения земель



83. Схема размещения водохранилищ (свыше 0,1 куб. км) по географическим поясам Земли

малых и небольших водохранилищ. В Африке, Южной Америке и Австралии удельный вес больших водохранилищ в целом значительно выше, не считая отдельных стран (ЮАР, Марокко, Алжир).

Неравномерное географическое размещение водохранилищ во многом определяется неодинаковым уровнем развития гидроэнергетики в разных регионах, различной потребностью в регулировании стока для нужд ирригации, неодинаковой степенью урбанизации и развития водоемких отраслей промышленности (теплоэнергетики, химической, металлургической, целлюлозно-бумажной и др.), а также особенностями режима речного стока. Большое влияние на распределение водохранилищ по миру оказали также разные темпы социально-экономического развития государств, уровень и принципы развития их производительных сил. Как правило, в развитых капиталистических государствах



84. Водохранилище Билеча (Югославия), используемое в разнообразных целях (энергетика, орошение, борьба с наводнениями)

водохранилищ больше, чем в развивающихся странах с такой же примерно территорией и численностью населения.

Распределение суммарных величин объема и площади водохранилищ между материками и государствами иное, чем их численности. Первые показатели определяются параметрами больших водохранилищ, которых очень мало в зарубежной Европе, в большинстве стран Юго-Восточной Азии (кроме Таиланда), в Японии, зато много в СССР, США, Бразилии, Канаде, Индии, Китае, Мексике, Ираке. В отдельных государствах есть 1—2 очень больших водохранилища — в Гане (Вольта), Египте (Насер — рис. 82), Замбии и Зимбабве (Кариба), Мозамбике (Кабора-Басса), Кении, Уганде, Танзании (Виктория), Венесуэле (Гури), Суринаме (Брокопондо), Кот-д'Ивуар (Косу), Турции (Кебан, Ататюрк) и др.

Распределение водохранилищ по природным (географическим) поясам (рис. 83, табл. VI-3) также весьма неравномерно. Наибольшее число водохранилищ емкостью более 100 млн. куб. м (около 40%) и значительная доля их полного и полезного объема сосредоточены в умеренных поясах — именно в них находится большинство наиболее развитых в экономическом отношении социалистических и капиталистических стран. Массовое создание водохранилищ в умеренных поясах (преимущественно в северном полушарии) началось раньше, чем в остальных географических зонах, хотя первые водохранилища и были созданы в субтропическом поясе. Это объясняется преимущественно нуждами энергетики, водоснабжения,

Таблица VI-3

Распределение водохранилищ (объемом более 100 млн. куб. м) по географическим поясам, в %

Материк или часть света	Географические пояса: субарктические	умеренные	субтропические	тропические	субэкваториальные	экваториальные	Итого
Европа	1*/5	73/82	26/13	—/—	—/—	—/—	100/100
Азия	2/5	23/46	32/27	10/7	31/14	2/1	100/100
Африка	—/—	—/—	43/3	24/20	33/77	—/—	100/100
Северная Америка	3/15	50/55	43/26	4/4	—/—	—/—	100/100
Южная Америка	—/—	3/12	20/6	40/29	33/52	4/1	100/100
Австралия и Океания	—/—	19/39	64/49	11/4	6/8	—/—	100/100
Итого	1/2	41/43	36/19	9/11	12/25	1/0	100/100

* В числителе — количество водохранилищ, в знаменателе — их полный объем



85. Водохранилище Орлик — самое крупное в Чехословакии; оно находится на Влтаве, крупнейшем притоке Эльбы

речного транспорта. Процесс создания здесь водохранилищ будет продолжаться и в будущем вплоть до достижения значительной степени зарегулированности речного стока.

Велики число и объем водохранилищ в субтропическом поясе. Их созданию здесь способствовали потребность в орошении земель (рис. 84), в использовании гидроэнергоресурсов, борьба с наводнениями. В связи с сильным развитием промышленности, ростом городского населения, развитием систем сельского централизованного водоснабжения приобретает большое значение еще и промышленное и коммунальное водоснабжение. К числу таких регионов относятся южная половина США, Австралия, Европейское Средиземье, ЮАР, некоторые районы Китая, Япония, Аргентина, Мексика. Перспективы дальнейшего создания водохранилищ в субтропических поясах следует считать значительными.

В тропических, субэкваториальных и экваториальном поясах количество водохранилищ относительно невелико — средних и больших примерно 21—22% от их общего количества (по малым и небольшим значительно меньше). Но удельный вес их суммарного полного объема намного выше — не менее 35—36% в результате создания очень крупных и крупнейших водохранилищ, в первую очередь в Бразилии, Индии, Мексике, Таиланде, а также в некоторых странах Африки и Латинской Америки. В экваториальном поясе водохранилищ очень мало. Объясняется это как равномерным режимом речного стока, так и слабым развитием экономики (бассейны Амазонки, Конго, острова Калимантан, Суматра, Новая Гвинея, Сулавеси и др.).

Водохранилища в указанных поясах используются преимущественно для орошения и гидроэнергетики, особенно крупнейшие из них. Некоторые (Кариба, Вольта, Кабора-Басса и др.) были построены или начаты в колониальный период в интересах иностранных монополий, без учета нужд местного хозяйства и населения: для развития местной экономики в большинстве случаев более рациональным было бы строительство менее крупных ГЭС с меньшим затоплением земель и другими нарушениями в хозяйстве и природе. Многие водохранилища тропических и экваториального поясов богаты рыбой и широко используются для рыболовства, создавая источник существования местным жителям. Благоприятные условия развития организмов в водохранилищах (обилие тепла, солнечного света, биогенов) приводят вместе с тем к таким отрицательным явлениям, как упоминавшиеся ранее бурное развитие сорных высших водных растений и распространение переносчиков заболеваний.

Распределение водохранилищ по высотным поясам может быть охарактеризовано лишь в общих чертах, поскольку данные об абсолютных отметках уровня воды имеются лишь по небольшой части водохранилищ. Можно полагать, что преобладающая часть водохранилищ относится к равнинным и предгорным, т. е. располагается на высотах до 1 тыс. — 1,2 тыс. м в умеренных поясах или 1,5—2 тыс. м в других поясах; горных водохранилищ относительно немного, а высокогорных (выше 2—3 тыс. м) в каждой из горных стран — единицы. В предгорном поясе водохранилищ, вероятно, больше, чем на равнинах, поскольку во всех регионах мира люди стремились создавать их в узких глубоких долинах с коренными скальными породами, чтобы затопления были небольшими.

Большие различия наблюдаются также в распределении водохранилищ по крупным речным бассейнам. В связи с интенсивным хозяйственным освоением и плотным заселением территорий много водохранилищ создано в бассейнах таких больших европейских рек, как Волга, Днепр, Нева, Дунай, Тахо Дуэро, Эбро, Эльба (рис.85), Рейн, Рона, По, Марица и др.; североамериканских рек — Миссисипи, Колумбия, Колорадо, Гудзон, Саванна, Сакраменто, Нельсон, Св. Лаврентия; южноамериканских — Парана, Сан-Франсиску, Рио-Негро; азиатских — Янцзы, Ганг, Тигр и др.; р. Муррей — в Австралии, Оранжевой — в Африке. В бассейнах других больших рек, таких, как Амазонка, Ориноко, Маккензи, Юкон, Конго, Замбези, Нигер, Нил, Лимпопо, Меконг, Иравади, Салуин, Брахмапутра, Лена, Амур, Енисей, Колыма, водохранилищ немного, поскольку в их бассейнах вследствие менее благоприятных условий (суровый холодный климат на севере или влажный жаркий — в тропиках и на экваторе, горный рельеф) нет плотного населения или интенсивно развитого хозяйства. Однако, как уже говорилось, в некоторых из указанных речных бассейнов (Нил, Ориноко, Замбези, Енисей и др.) полный объем водохранилищ значителен в связи с созданием отдельных крупных водохранилищ и их каскадов. Так, в бассейне Енисея объем водохранилищ превышает 470 куб. км, Нила — 375, Замбези — 230 куб. км и т. д.

Различия в природных и социально-экономических условиях разных регионов и стран предопределяют большое разнообразие масштабов и характера воздействия водохранилищ на прилегающие территории и влияния зарегулированного ими стока на речные долины ниже гидроузлов, а также подходов к предотвращению и ослаблению отрицательных последствий. Заметно стремление уменьшать размеры затопления земель, населенных пунктов, путей сообщения во всех странах, кроме тех развивающихся стран, где водохранилища создаются иностранными монополиями в собственных интересах. Естественно, что в равнинных странах и районах для достижения одинакового водохозяйственного эффекта идут на бóльшие затопления и более высокие издержки производства, чем в регионах с горным и плоскогорным рельефом. И тут уже широко применяется инженерная защита земельных массивов и городов.

В последние десятилетия в связи с ухудшением состояния природной среды вопросам влияния водохранилищ на окружающую среду и природоохранным мероприятиям в верхних и нижних бьефах плотин практически во всех регионах мира уделяется все большее внимание, на эти мероприятия расходуется все больше денежных средств, материальных и трудовых ресурсов.

Из изложенного ясны большие различия между географическими регионами в потребностях создания водохранилищ, в их социально-экономическом значении, во взаимодействии с окружающей средой и т. п. В следующих главах это многообразие, как и общие закономерности создания и использования водохранилищ, будет более подробно показано на примере отдельных материков, государств и их регионов.

1. ФОНД ВОДОХРАНИЛИЩ СССР И ЕГО НАРОДНОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ

В настоящее время в СССР насчитывается более 4 тыс. водохранилищ, каждое объемом более 1 млн. куб. м. В результате проводимой в стране паспортизации у нас имеются сведения по 2552 водохранилищам действующих и строящихся гидроузлов. Практически по всем большим и средним водохранилищам имеются данные по многим параметрам; не учтены лишь немногие небольшие (10—100 млн. куб. м) и очень многие малые (1—10 млн. куб. м) водоемы. Их суммарный полный объем — 1,2 тыс. куб. км, полезный — 600 куб. км, площадь водного зеркала — 145 тыс. кв. км, включая 58 тыс. кв. км площади подпруженных озер (табл. VII-1).

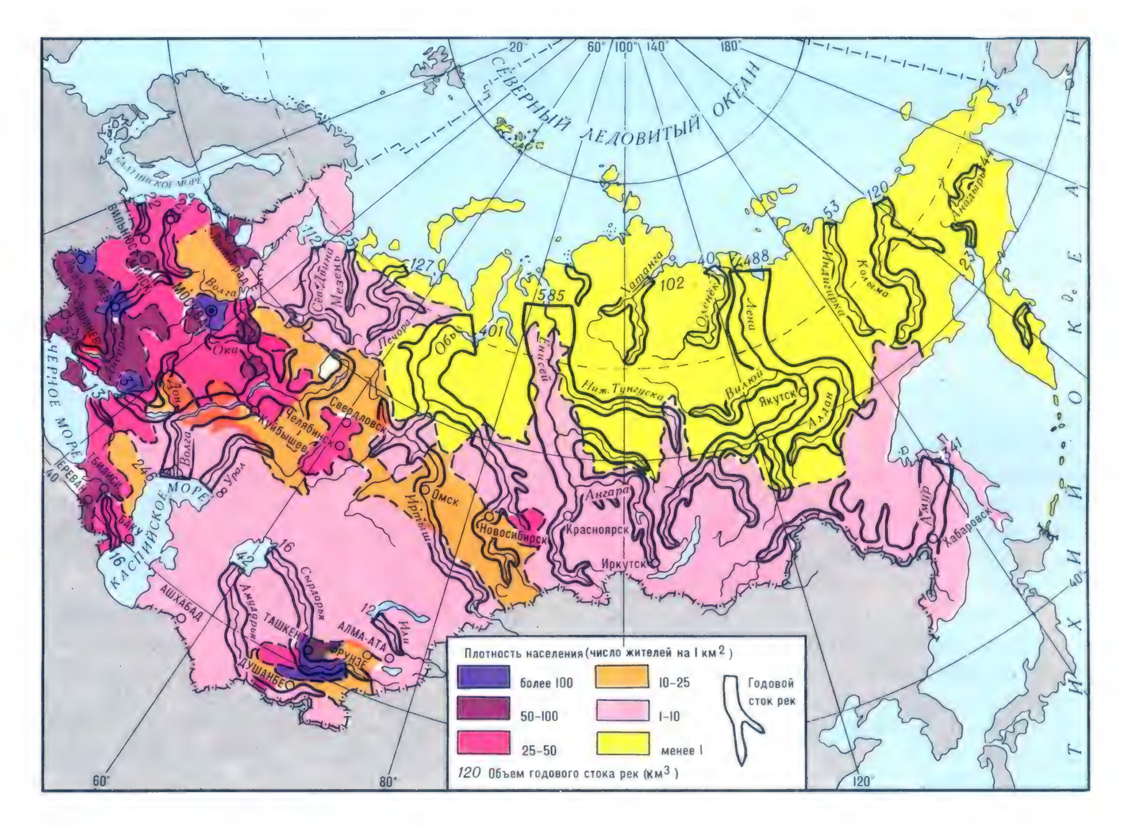
Пока еще нет достаточно полных данных паспортизации по водохранилищам Узбекской, Таджикской, Эстонской ССР, Татарской, Удмуртской, Карельской, Дагестанской автономных республик, Краснодарского, Ставропольского, Алтайского краев, Воронежской, Смоленской, Новгородской, Ульяновской областей. Однако завершение паспортизации существенно изменит лишь общее количество водохранилищ, но не суммарные показатели объема и площади, так как все большие и средние водохранилища учтены, а удельный вес малых и небольших водохранилищ в этих показателях невелик — в среднем не более 2% и значителен лишь в Центрально-черноземном районе (48% по объ-

Таблица VII-1

Суммарные показатели по существующим и строящимся водохранилищам СССР

Экономические районы	Все водохранилища					В т. ч. крупные и крупнейшие (более 1 куб. км)				
	колич.	объем, куб. км		площадь зеркала, тыс. кв. км		колич.	объем, куб. км		площадь зеркала, тыс. кв. км	
		полный	полезный	всего	в т. ч. без учета озер		полный	полезный	всего	в т. ч. без учета озер
Северный и Северо-Западный	91	106,6	58,7	25,8	6,2	15	98,0	55,2	23,5	5,6
Центральный, Центрально-черноземный	266	35,1	23,8	6,8	6,5	4	29,6	19,2	5,2	5,2
Волго-Вятский	46	23,0	8,7	3,9	3,9	2	22,7	8,5	3,8	3,8
Поволжский	381	124,0	55,8	14,6	14,6	6	120,6	52,7	13,3	13,3
Северо-Кавказский	105	36,6	18,7	5,3	4,7	4	31,0	15,8	4,0	3,6
Уральский	201	30,7	19,5	4,5	4,4	3	24,8	15,1	3,3	3,3
Западно-Сибирский	32	26,1	14,4	2,2	2,0	3	24,7	13,5	1,8	1,8
Восточно-Сибирский	22	398,1	165,9	46,3	14,5	7	397,9	165,6	46,8	14,8
Дальневосточный	18	142,5	68,5	6,0	6,0	5	142,4	68,0	5,9	5,9
Итого по РСФСР	1 162	924,5	433,5	115,4	62,8	49	891,7	413,6	107,1	57,0
Прибалтийский и Белорусская ССР	255	6,1	2,2	1,6	1,2	—	—	—	—	—
Украинская ССР и Молдавская ССР	803	64,1	31,8	11,4	8,7	9	56,1	26,4	9,5	7,5
Закавказский	77	26,9	14,0	1,1	1,1	4	21,2	9,6	0,8	0,8
Казахстанский	168	94,6	50,6	10,1	8,2	4	85,9	43,6	8,5	6,7
Среднеазиатский	87	78,7	54,8	4,7	4,6	11	68,7	47,0	3,6	3,5
Всего по СССР	2 552	1 194,9	586,8	144,3	86,6	77	1 122,6	540,2	129,5	75,5

86. Схема плотности населения и естественной водности рек в СССР (без учета современного безвозвратного водопотребления)



ему), в Прибалтике и Белоруссии (38%).

Вероятно, что на территории нынешних Средней Азии и Закавказья в древние и средние века создавались отдельные небольшие водохранилища для орошения, однако достоверных сведений о них нет. Первые существующие и поныне небольшие водохранилища были сооружены в конце XVII — начале XVIII в. в Карелии, Центральном районе и на Урале; они продолжали там же создаваться и в XVIII и XIX вв. Со второй половины XIX в. водохранилища стали строить на Украине, в Прибалтике, Туркмении и др.

Однако практически весь современный фонд водохранилищ создан за советский период, причем преимущественно в послевоенный, когда были построены почти все крупные водохранилища, за исключением Рыбинского, Ильменского (Волховского) и некоторых других.

Крупномасштабное гидротехническое строительство, в том числе сооружение водохранилищ, обусловливается в СССР тем, что реки в естественном состоянии не могут уже удовлетворить сильно возросшие хозяйственные и социально-бытовые нужды. Создание водохранилищ в наиболее освоенной части страны (южные, центральные и северо-западные районы европейской части СССР, Урал, Кавказ, Средняя Азия) вызвано тем, что на эти районы приходится незначительная часть водных ресурсов (рис. 86), а также неравномерностью речного стока по сезонам года (рис. 87) и между годами. На наиболее развитые экономические районы страны, занимающие 27% площади СССР, приходится около 4% водных ресурсов. Во многих районах СССР более половины годового стока проходит в два-три весенних месяца, а сток маловодных лет значительно меньше среднемноголетнего.

Водохранилища используются в СССР как в узкоотраслевых, так и в межотраслевых целях. Главные виды их использования — гидроэнергетика, теплоэнергетика, ирригация и водоснабжение. Равнинные водохранилища, особенно на Волге, Каме и Днепре, имеют большое значение для речного транспорта. Существенна роль некоторых крупных водохранилищ для рыболовства, борьбы с

наводнениями. В густонаселенных районах (Центр, Белоруссия, Поволжье, Урал, отчасти Украина, Прибалтика, Казахстан) водохранилища — основная база водных рекреаций.

На 1.I.1979 г., по данным Министерства энергетики и электрификации СССР, в стране действовало 385 ГЭС, в том числе 118 мощностью более 25МВт; они выработали около 170 млрд. кВт · ч электроэнергии, что составило 13% электроэнергии страны. С учетом строящихся ГЭС выработка ее в 80-х годах достигнет почти 290 млрд. кВт · ч, а к 2000 г. увеличится до 500 млрд. кВт · ч; электроэнергии ГЭС, не имеющих водохранилищ и работающих на незарегулированном стоке, составляет ничтожную часть суммарной выработки всех ГЭС.

Примерно 100 водохранилищ обеспечивают водой тепловые и атомные электростанции, вырабатывающие многие сотни миллиардов кВт · ч электроэнергии. Только 44 из них, имеющие специальные водохранилища-охладители, дают почти 350 млрд. кВт · ч при мощности более 50 млн. кВт (табл. VII-2).

В СССР орошается около 18 млн. га земель, из них примерно 8 млн. га — на базе водных ресурсов водохранилищ (рис. 88). Их возможности используются в некоторых районах еще не полностью.

На 1980 г. в СССР общая протяженность внутренних водных путей составила около 145 тыс. км, в том числе по водохранилищам примерно 12 тыс. км. Создание водохранилищ позволило коренным образом реконструировать водные пути на главных судоходных реках (Волга, Кама, Днепр, Дон, Енисей и др.), создало условия для образования единой глубоководной системы водных путей европейской территории Союза (рис. 89) и улучшило судоходные условия на больших по протяженности участках рек ниже регулирующих водохранилищ (рис. 90).

Лесосплав на многих реках страны не был бы возможен без создания в их верховьях специальных водохранилищ (Ондозерское, Сундозерское, Ведлозерское, Водлозерское, Вельевское, Березайское и ряд других) и комплексных водохранилищ (Братского, Красноярского,

Таблица VII-2

Использование водохранилищ для выработки электроэнергии на ГЭС, ГАЭС, ТЭС, АЭС (с учетом строящихся)

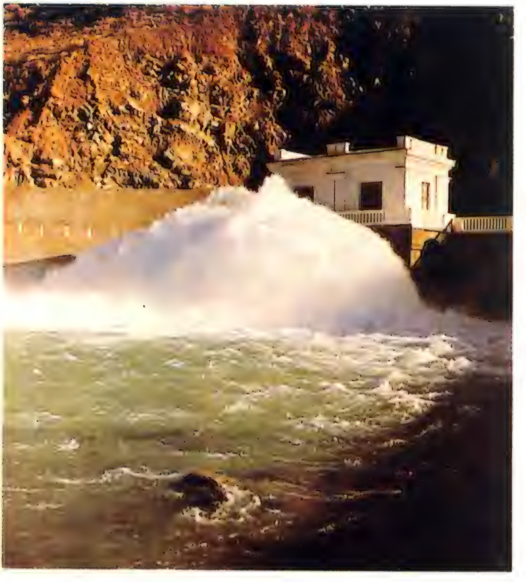
	Гидроэлектростанции			*Тепловые и атомные электростанции*		
Экономические районы	*колич. водохранилищ*	*установленная мощн., млн. кВт*	*среднегодовая выработка электроэнергии, млрд. кВт·ч*	*колич. водохранилищ-охладителей*	*установленная мощность, млн. кВт*	*выработка электроэнергии, млрд. кВт·ч*
Северный и Северо-Западный	53	2,5	12,0	—	—	—
Центральный	24	1,8	2,9	7	8,5	57,4
Центральночерноземный	1	—	—	1	2,0	14,0
Волго-Вятский	5	1,9	5,1	—	—	—
Поволжский	10	7,6	30,3	2	3,6	23,4
Северо-Кавказский	19	3,2	7,4	1	0,3	2,1
Уральский	20	1,6	4,2	13	9,1	62,4
Западно-Сибирский	4	2,1	8,7	3	2,7	18,9
Восточно-Сибирский	12	27,3	116,7	—	—	—
Дальневосточный	5	5,2	19,6	2	0,9	4,9
Прибалтийский и Белорусская ССР	22	3,4	6,5	2	2,1	10,5
Украинская и Молдавская ССР	34	4,3	12,5	12	22,1	137
Закавказский	20	4,3	13,9	—	—	—
Казахстанский	8	2,3	7,8	1	0,4	3,2
Среднеазиатский	18	10,7	42,6	—	—	—
Всего по СССР	255	78,2	290,4	44	51,7	334,7

Группы	Типы рек	Название реки	Распределение стока в %% от годового: I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Типовой гидрограф в %% от максимального расхода
I. Реки с весенним половодьем	① Казахстанский	Нура	>0	>0	>0	75	14	4	2	2	1	1	1	>0	100 Q ↑
	② Восточно-Европейский	Волга	3	2	5	31	15	7	6	5	6	8	7	5	100 Q ↑
		Вятка	3	2	2	14	38	11	5	4	5	6	6	4	
		Дон	3	3	11	48	14	4	3	3	2	3	3	3	
	③ Западно-Сибирский	Кеть	3	3	2	4	22	32	11	5	5	5	4	4	100 Q ↑
		Васюган	3	3	3	3	20	29	12	6	6	6	5	4	
		Конда	2	2	2	6	18	20	17	12	8	6	4	3	
		Пур	3	3	3	2	7	33	14	10	9	7	5	4	
	④ Восточно-Сибирский	Н.Тунгуска	>0	>0	>0	>0	21	45	14	9	9	3	1	>0	100 Q ↑
		Алдан	1	1	1	1	25	30	11	11	9	5	3	2	
		Колыма	>0	>0	>0	>0	14	34	16	20	10	3	1	>0	
	⑤ Алтайский	Арагви	4	3	6	10	18	17	12	7	6	7	5	5	100 Q ↑
		Томь	1	1	1	8	34	20	9	5	8	8	3	2	
		Тымь (Алтай)	2	2	1	4	32	32	7	6	7	10	5	2	
II. Реки с половодьем в теплую часть года	⑥ Дальне-восточный	Витим	1	>0	>0	>0	6	25	22	18	19	6	2	1	100 Q ↑
		Ока (Енисей)	1	1	1	2	9	21	22	22	14	5	1	1	
		Зея	>0	>0	>3	>0	16	21	20	19	16	5	2	1	
	⑦ Тянь-Шанский	Камчатка	5	4	4	4	8	19	17	11	9	8	6	5	100 Q ↑
		Вахш	2	2	3	5	9	16	24	20	9	4	3	3	
		Терек	3	3	5	5	11	18	19	16	10	6	4	3	
Реки с паводочным режимом	⑧ Причерноморский	Сочи	6	7	12	17	14	7	6	6	4	6	7	8	100 Q ↑
	⑨ Крымский	Салгир	10	10	18	15	11	6	7	3	2	3	5	10	100 Q ↑
		Сюдаш-Арю (Касп.м.)	11	11	18	10	4	2	>0	1	5	12	13	13	
	⑩ Северо-Кавказский	Камбилеевка (Терек)	5	5	7	11	12	18	10	9	7	6	5	5	100 Q ↑

87. Классификация рек СССР по естественному гидрологическому режиму

Кубенского, Сегозерского, Верхнетуломского и др.), осуществляющих лесосплавные попуски. Определенную пользу для лесосплава в плотах и на судах приносят водохранилища и их каскады на Каме, Волге, Ангаре, Свири, Нижнем Выге и др., поскольку подпор увеличивает их пропускную способность. Вместе с тем сплав древесины по водохранилищам ведет к дополнительным затратам по укреплению плотов и замедляет движение плотов вниз по реке из-за меньшей скорости течения и потерь времени на шлюзование.

Из специальных водоснабженческих водохранилищ осуществляется коммунально-бытовое (питьевое и хозяйственное) водоснабжение большинства крупных городов и городских агломераций, в том числе Донецкой (на базе неболь-



88. Ирригационный попуск из Ортотокойского водохранилища на р. Чу (Киргизская ССР)

ших водохранилищ с подпиткой их из водохранилищ на Северском Донце, Осколе и Днепре) и Московской агломераций (Иваньковское, москворецкие и Вазузское водохранилища), Свердловска, Челябинска, Нижнего Тагила (система водохранилищ на Чусовой, Исети, Миассе и др.), Минска (Вилейско-Минская водная система), Тбилиси (Сионское, Тбилисское, Жинвальское водохранилища), Харькова (Печенежское и др.), Таллина, Караганды, Тулы, Львова, Симферополя, Севастополя и др.

Для коммунально-бытового и особенно промышленного водоснабжения широко используются также водохранилища комплексного назначения; из них снабжаются водой все крупные города на Волге, Каме, Днепре, Ангаре, Оби, а также Красноярск, Алма-Ата, Ташкент, Краснодар, Рига, Каунас и др. Следует, однако, сказать, что часть указанных городов могла бы быть обеспечена водой и без создания комплексных водохранилищ (например, Красноярск, некоторые волжские города и др.). Общий объем промышленно-коммунального водопотребления в СССР составляет примерно 80 куб. км, почти половина его забирается из водохранилищ или зарегулированных ими участков рек.

Для борьбы с наводнениями большое значение имеют немногие водохранилища Дальнего Востока (Зейское, строящееся Бурейское), Северного Кавказа (Краснодарское, Тщикское, Чиркейское и др.), Закавказья (Мингечаурское, Сарсангское и др.), прикарпатских районов (Костешты-Стынка, Днестровское и др.); уменьшают ущербы от наводнений и многие другие водохранилища, в том числе волжские, днепровские, енисейские. Все водохранилища с многолетним и сезонным регулированием стока ослабляют маловодье, поскольку за счет сброса аккумулированной воды увеличивают сток реки в межень и в маловодные годы. Большое экономическое и природоохранное значение имеют специальные попуски воды в интересах сельского (для обводнения пойменных угодий) и рыбного хозяйства (затопление мест нереста рыбы и нагула молоди в низовьях и дельтах рек Волги, Или и др.), а также санитарные попуски, осуществляемые из большинства водохранилищ.

89. Схема единой глубоководной системы европейской части СССР



О значении водохранилищ страны для рекреации говорит тот факт, что в пределах двухчасовой доступности водохранилищ проживает свыше 80 млн. человек. Водохранилища используются для кратковременного (в выходные дни) отдыха десятками миллионов человек. Кроме того, миллионы людей проводят свои отпуска в домах и базах отдыха, в туристических лагерях на берегах водохранилищ или на туристических судах (рис. 91); велики масштабы самодеятельного отдыха.

Анализ данных о социально-экономическом и природоохранном значении водохранилищ СССР показывает, что малые, небольшие и средние из них, несмотря на небольшой удельный вес в суммарных показателях по СССР, играют важную роль в решении не только местных, но и межрайонных социально-экономических задач. Это уже упоминавшиеся системы водохранилищ для водоснабжения крупнейших городских агломераций и промышленных районов, каскады и системы ирригационных сооружений на юге Украины, Северном Кавказе, в предгорных и плоскогорных районах Азербайджана, Армении, Вос-

90. На подходе к шлюзу Цимлянского гидроузла на р. Дон

91. Массовый отдых на Саратовском водохранилище

точной Грузии, Южного Казахстана, Северной Киргизии и Узбекистана. Практически вся промышленность и многочисленные города и поселки Урала (кроме Прикамья), Центрального Казахстана, Прибалтики, ряд областей Центра также снабжаются водой из небольших и средних водохранилищ.

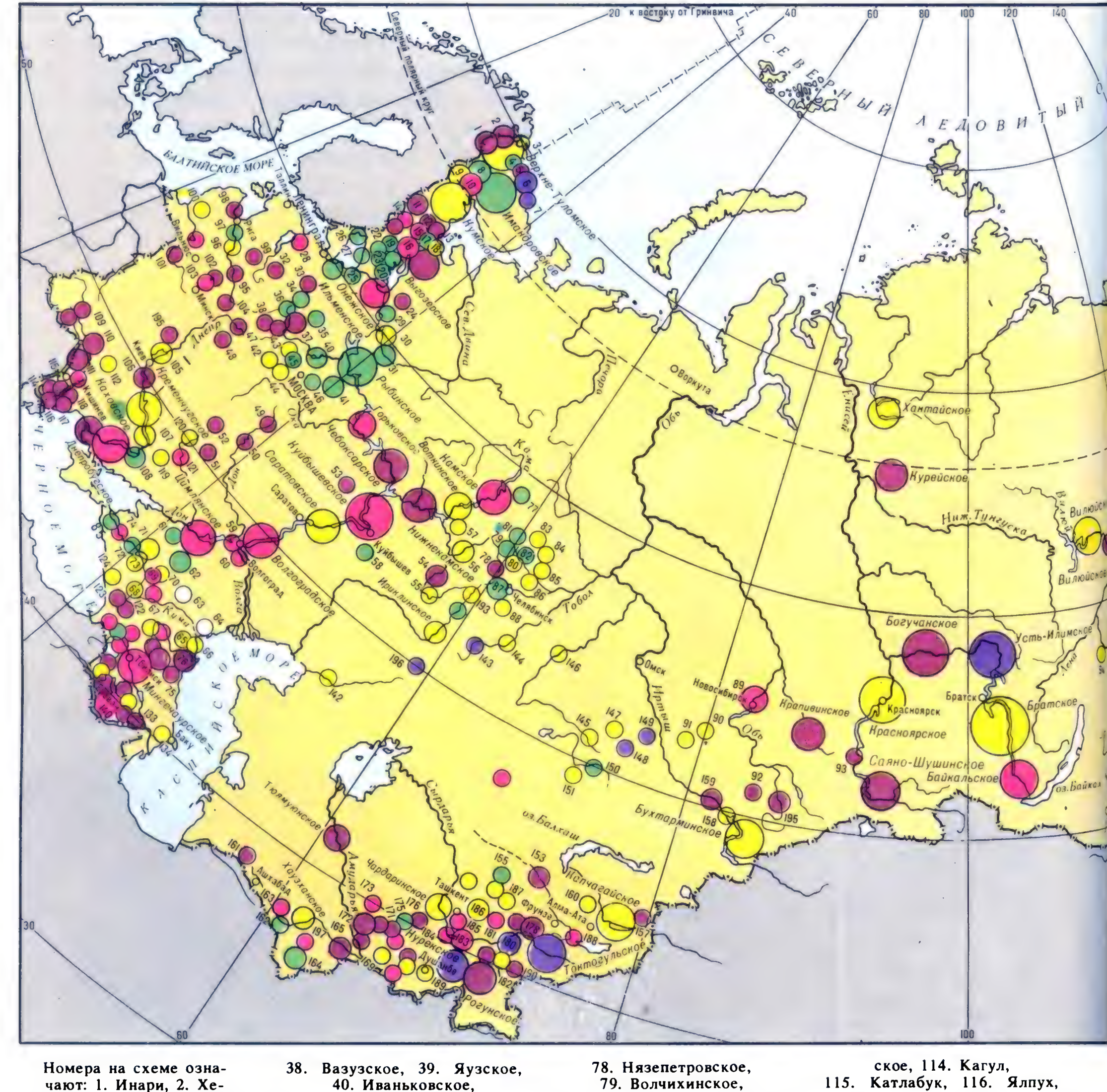
В перспективе роль малых, небольших и средних водохранилищ будет возрастать как из-за ограничения строительства крупных водохранилищ в равнинных и предгорных регионах, так и вследствие интенсивного развития многих малых городов и поселков, создания небольших децентрализованных систем орошения в зоне неустойчивого увлажнения (в степной и лесостепной зонах) и вблизи крупных городов в лесной зоне для гарантированного производства овощей и кормов.



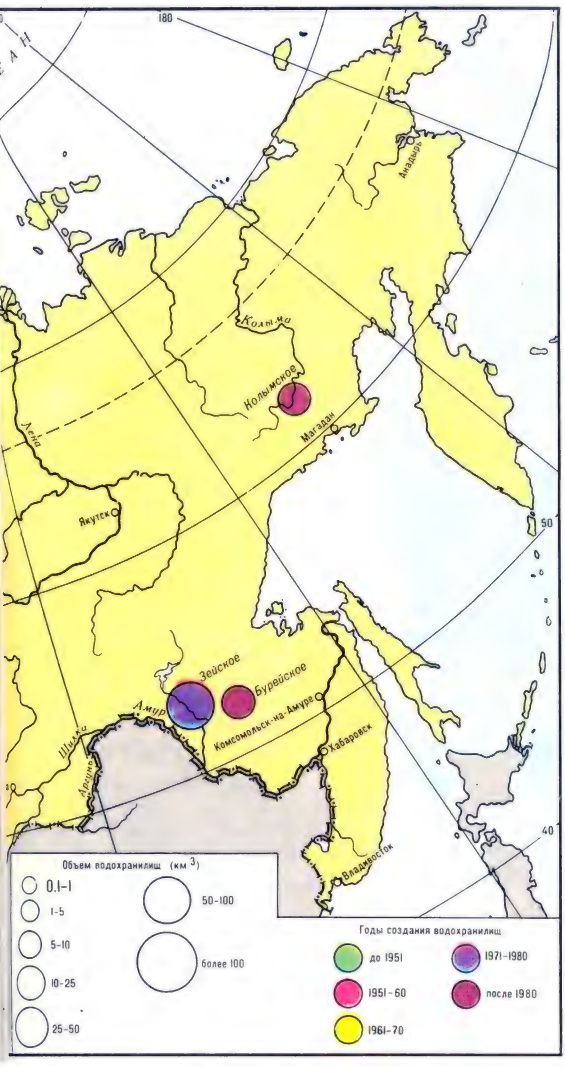
2. ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ РАЗМЕЩЕНИЕ И ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВОДОХРАНИЛИЩ СССР

Водохранилища размещены по территории СССР неравномерно (см. табл. VII-1, приложение 5, рис. 92). Велики в суммарном объеме удельный вес (45%) и площади водного зеркала (более 35%) водохранилищ Восточной Сибири и Дальнего Востока. Здесь находятся более 10 очень крупных и крупнейших в мире водохранилищ (Братское, Красноярское, Байкальское, Богучанское и др.). Большие объемы воды заключены в горных водохранилищах Средней Азии (при

92. Схема размещения водохранилищ СССР



Номера на схеме означают: 1. Инари, 2. Хевоскоски, 3. Борисоглебское, 4. Нижнетуломское, 5. Верхнетериберское, 6. Ловозерское (Серебрянское), 7. Падунское, 8. Пиренгское, 9. Иовское, 10. Ковдозерское (Княжегубское), 11. Юшкозерское, 12. Кривопорожское, 13. Белопорожское, 14. Тунгудское, 15. Ондозерское, 16. Сегозерское, 17. Палакоргское, 18. Сумозерское, 19. Гирвасское, 20. Сандальское, 21. Сундозерское, 22. Салонъярви, 23. Суоярви, 24. Водлозерское, 25. Нижнесвирское, 26. Янисъярви, 27. Ведлозерское, 28. Нарвское, 29. Ковжское, 30. Шекснинское (Череповецкое), 31. Кубенское, 32. Поддубское, 33. Валдайское, 34. Вельевское, 35. Вышневолоцкое, 36. Верхневолжское, 37. Ржевское, 38. Вазузское, 39. Яузское, 40. Иваньковское, 41. Угличское, 42. Можайское, 43. Рузское, 44. Озернинское, 45. Истринское, 46. Учинское, 47. Смоленское, 48. Владимирское, 49. Матырское, 50. Воронежское, 51. Старооскольское, 52. Белгородское, 53. Пензенское, 54. Иштугановское, 55. Нугушское, 56. Павловское, 57. Кармановское, 58. Кутулукское, 59. Карповское, 60. Варваровское, 61. Пролетарское, 62. Веселовское, 63. Чограйское, 64. Каракольское, 65. Нижнетерское, 66. Аракумское, 67. Большое (Кубанское), 68. Сенгилеевское, 69. Егорлыкское, 70. Новотроицкое, 71. Краснодарское, 72. Шапсугское, 73. Крюковское, 74. Варнавинское, 75. Ирганайское, 76. Чиркейское, 77. Широковское, 78. Нязепетровское, 79. Волчихинское, 80. Новомариинское, 81. Черноисточинское, 82. Верхненейвинское, 83. Леневское, 84. Аятское, 85. Рефтинское, 86. Белоярское, 87. Аргазинское, 88. Шершневское, 89. Новосибирское, 90. Хорошенское, 91. Большетопольненское, 92. Гилевское, 93. Майнское, 94. Мамаканское, 95. Даугавпилсское, 96. Плявиньское, 97. Кегумское, 98. Рижское, 99. Лубанское, 100. Платяльское, 101. Дуся, 102. Вилейское, 103. Заславльское, 104. Лукомльское, 105. Киевское, 106. Каневское, 107. Днепродзержинское, 108. Днепровское (Запорожское), 109. Стрыйское, 110. Днестровское (Новоднестровское), 111. Костешты-Стынка, 112. Ладыжинское, 113. Карачуновское, 114. Кагул, 115. Катлабук, 116. Ялпух, 117. Китай, 118. Сасыкское, 119. Краснопавловское, 120. Печенежское, 121. Краснооскольское, 122. Худонское, 123. Ингурское, 124. Гальское, 125. Храмское, 126. Зонкарское, 127. Жинвальское, 128. Сионское, 129. Тбилисское, 130. Шамхорское, 131. Акстафачайское, 132. Сарсангское, 133. Арпачайское, 134. Джейран-Батанское, 135. Ахурянское, 136. Вайхирское, 137. Азатское, 138. Араксинское, 139. Спандарянское, 140. Толорсское, 141. Арпаличское, 142. Аралтюбинское, 143. Верхнетобольское, 144. Каратомарское, 145. Вячеславское, 146. Сергеевское, 147. Селетинское, 148. Шидертинское, 149. Экибастузское, 150. Карагандинское (Самар-



кандское), 151. Шерубай-Нуринское, 152. Кенгирское (Джезказганское), 153. Ташуткульское, 154. Терс-Ащибулакское, 155. Аккольское, 156. Бугуньское, 157. Бартогайское, 158. Усть-Каменогорское, 159. Шульбинское, 160. Куртинское, 161. Копетдагское, 162. Тедженское-1, 163. Тедженское-2, 164. Сарыязинское, 165. Зеидское, 166. Южносурханское, 167. Туполангское, 168. Учкызылское, 169. Пачкамарское, 170. Чимкурганское, 171. Олтынкульское, 172. Тудакульское, 173. Куюмазарское, 174. Талимарджанское, 175. Каттакурганское, 176. Акдарьинское, 177. Гисаракское, 178. Курпсайское, 179. Ташкумырское, 180. Андижанское, 181. Кассансайское, 182. Каркиданское, 183. Кайраккумское, 184. Фархадское, 185. Тюябугузское (Ташкентское), 186. Чарвакское, 187. Кировское, 188. Ортотокойское, 189. Байпазинское, 190. Папанское, 191. Каунасское, 192. Дубоссарское, 193. Верхнеуральское, 194. Магнитогорское, 195. Катуньское, 196. Каргалинское, 197. Ташкепринское.

относительно малой их площади), в предгорных — Казахстана (на реках Иртыше и Или), в водохранилищах Волжско-Камского и Днепровского каскадов, Северо-Запада.

В остальных экономических районах суммарные объем и площадь водохранилищ несравненно менее значительны. Здесь преобладают водохранилища небольших размеров. В Прибалтике, Белоруссии и Центральночерноземном районе нет ни одного крупного водохранилища, в Северо-Кавказском, Закавказском, Западно-Сибирском и Уральском районах есть лишь отдельные водохранилища емкостью свыше 1 куб. км. Больше крупных водохранилищ в Центральном, Волго-Вятском, Поволжском районах и на Украине; на Волге, Каме и Днепре созданы целые каскады водохранилищ. В перечисленных наиболее заселенных и экономически освоенных районах страны расположены почти все малые, небольшие и средние водохранилища (объемом до 1 куб. км).

О некоторых особенностях водохранилищ отдельных районов СССР можно судить по данным в табл. VII-3. По средним показателям объема и площади (см. также приложение № 3) водохранилища СССР значительно превышают водохранилища большинства крупных стран мира. Это обусловлено рядом причин, среди которых отметим бóльшую равнинность территории СССР по сравнению, например, с Китаем, США, Канадой, Бразилией, Аргентиной, зарубежной Европой в целом и т. д.; концентрацию населения, промышленности и интенсивного сельского хозяйства на Русской равнине, равнинных и предгорных территориях Кавказа, Средней Азии, Южного Казахстана, юга Западной Сибири; расположение наиболее благоприятных для водохранилищ горных областей по окраинам страны (Карпаты, Памиро-Алай, Тянь-Шань, Кавказ, Алтай, Саяны и др.), а плоскогорий и низкогорий — в регионах с наименее благоприятными условиями для жизни людей и развития сельского хозяйства (Восточная Сибирь, Дальний Восток, отчасти Центральный и Западный Казахстан).

Имели значение и такие факторы, как необходимость после Великой Отечественной войны решить острейшую энер-

гетическую проблему преимущественно путем строительства гидроэлектростанций (быстро увеличить добычу топлива для тепловых электростанций страна не могла) и повысить устойчивость водоснабжения за счет сезонного регулирования стока.

Параметры водохранилищ СССР колеблются в широких пределах: полный объем — от 1 до 169 300 млн. куб. м, полезный объем от 1 до 48 000 млн. куб. м, площадь зеркала — от 0,2—0,5 до 5900 кв. км (а с учетом подпруженных озер — до 32 966 кв. км). Существенно различаются длина, ширина, наибольшая и средняя глубины водохранилищ (табл. VII-4). Максимальная длина крупных равнинных и плоскогорных водохранилищ достигает 400—565 км, горных — 100—110 км, а ширина — нескольких десятков километров. Самые глубокие водохранилища — до 200—300 м — находятся в долинах крупных горных рек (Нурекское, Ингурское, Чиркейское, Саянское, строящееся на Вахше Рогунское и др.), до 70—105 м — в плоскогорных и предгорных районах (Братское, Усть-Илимское, Красноярское, Богучанское, Бухтарминское и др.); в больших равнинных водохранилищах наибольшая глубина не превышает 25—30 м.

Особую категорию образуют озера-водохранилища, которых больше всего на Северо-Западе (Карелия, Мурманская, Вологодская, Новгородская области), в Прибалтике, в причерноморской полосе Украины (зарегулированные лиманы и придунайские озера), в дельтах Волги и Терека. У большинства озер уровень воды поднят незначительно — на 0,5—2 м, но есть и озера, параметры которых значительно изменились из-за подпора на 3—10 м (Выгозеро, Ковдозеро, Зайсан и др.).

Дальнейшая характеристика водохранилищ будет дана по крупным физико-географическим регионам (странам) СССР (рис. 92), поскольку природная среда и обусловленная ею хозяйственная специализация районов во многом определяют саму необходимость создания водохранилищ. Морфологические, морфометрические, гидрологические и гидробиологические особенности водохра-

Таблица VII-3

Некоторые средние и удельные показатели водохранилищ СССР

Экономические районы	Средние		Удельный вес, %				Площадь зеркала (без учета озер), га на 1 млн. куб. м полного объема
	полный объем, млн. куб. м	площадь зеркала, кв. км	полезного объема в полном объеме	площади озер в общей площади водного зеркала	водохранилищ более 0,1 куб. км в полном объеме	в итоге по СССР по полному объему	
Северный и Северо-Западный	172	284	55	76	98,6	8,9	6
Центральный	225	43	67	5	95,6	2,8	19
Центральночерноземный	11	3	82	—	51,8	0,1	31
Волго-Вятский	501	86	38	—	98,4	1,9	17
Поволжский	328	38	45	—	98,4	10,5	12
Северо-Кавказский	349	50	51	10	96,7	3,1	13
Уральский	152	22	63	3	92,7	2,6	14
Западно-Сибирский	816	68	55	10	98,6	2,2	7
Восточно-Сибирский	18 098	2 105	42	69	99,95	33,3	4
Дальневосточный	7 916	331	48	—	100,0	11,9	4
Прибалтийский и Белорусская ССР	24	6	36	24	62,0	0,5	19
Украинская ССР и Молдавская ССР	80	14	50	23	97,6	5,3	14
Закавказский	385	15	52	2	95,9	2,2	4
Казахстанский	563	60	53	18	97,9	7,9	8
Среднеазиатский	905	54	70	2	98,0	4,1	6
СССР в целом	468	57	49	40	98,3	100,0	7
В том числе РСФСР	795	100	47	46	98,9	77,3	7

Таблица VII-4

Средние и предельные показатели длины, ширины и глубины водохранилищ СССР (без учета крупных озер-водохранилищ)

Группы районов СССР по рельефу	Наименование показателей	Един. изме-рения	Категории водохранилищ по полному объему: небольшие (0,01—0,1 куб. км)	средние (0,1—1,0 куб. км)	крупные (1—10 куб. км)	очень крупные (10—50 куб. км)	крупнейшие (более 50 куб. км)
Равнинные (Русская равнина, Западно-Сибирская низменность)	Длина в среднем	км	15	27	140	300	510
	— с колебаниями в пределах	км	3—65	5—125	45—430	160—540	510
	Максимальная ширина в среднем	км	1,6	3,5	7	28	27
	— с колебаниями в пределах	км	0,2—5	0,2—11	1,8—16	13—56	27
	Максимальная глубина в среднем	м	9	17	16	21	30
	— с колебаниями в пределах	м	2—32	4—33	6—28	15—29	30
Низкогорные и плоскогорные (большая часть Восточной Сибири, Дальнего Востока, Казахстана, Урал)	Длина в среднем	км	10	19	65	157	395
	— с колебаниями в пределах	км	2—40	4—100	32—105	70—350	225—565
	Ширина в среднем	км	1,7	4,1	6	14	16
	— с колебаниями в пределах	км	0,2—4	0,3—14	1—15	4—22	5—33
	Максимальная глубина в среднем	м	21	29	43	78	90
	— с колебаниями в пределах	м	5—65	5—115	15—75	42—128	70—100
Средне- и высокогорные (Кавказ, Тянь-Шань)	Длина в среднем	км	4,7	11	57	66	—
	— с колебаниями в пределах	км	1—17	5—40	12—78	65—70	—
	Максимальная ширина в среднем	км	1,8	2,9	5	3,5	—
	— с колебаниями в пределах	км	0,1—7	0,6—7	1—10	1—7	—
	Максимальная глубина в среднем	м	42	94	182	260	—
	— с колебаниями в пределах	м	21—100	46—175	100—225	180—310	—

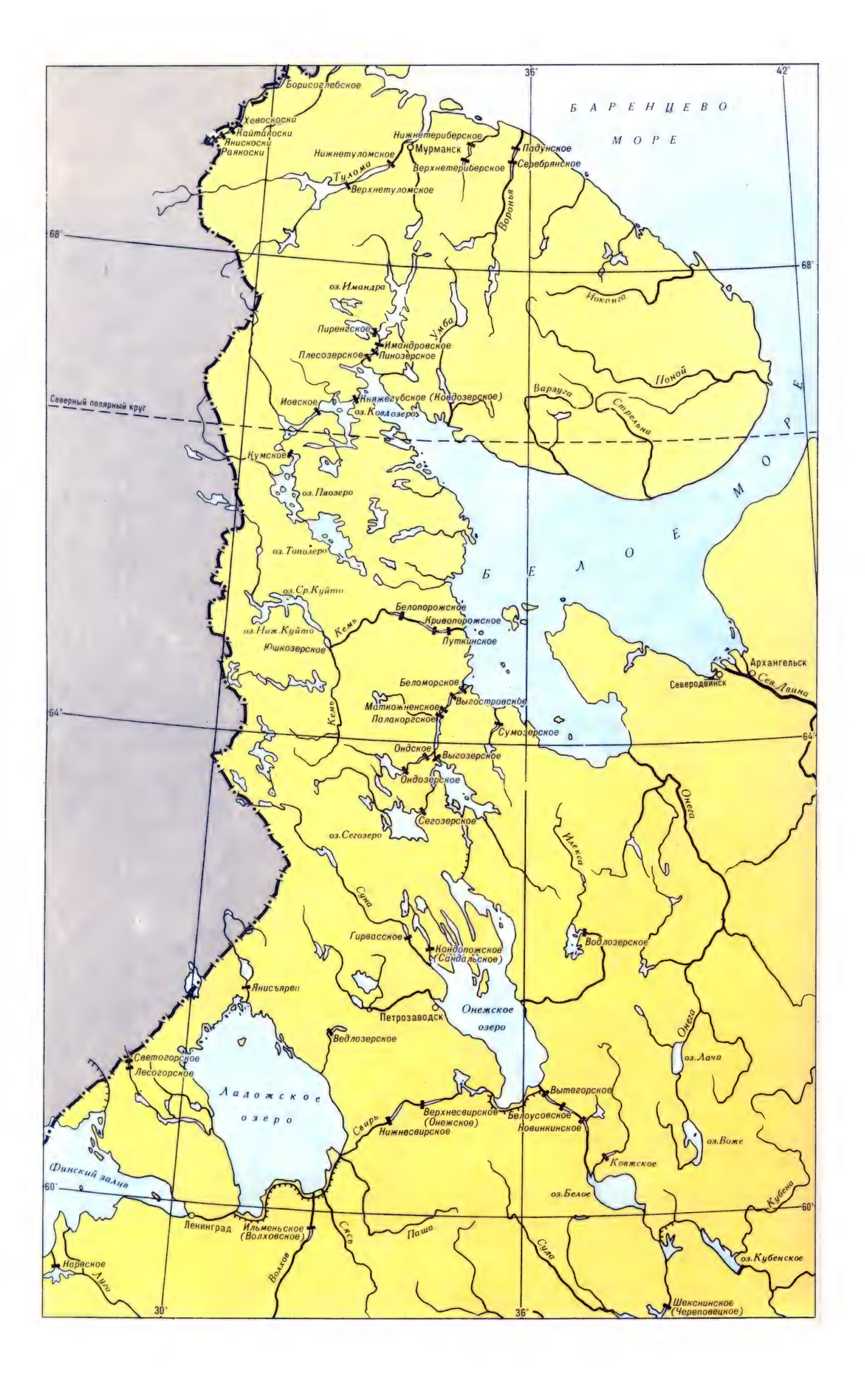
нилищ, характер и масштабы их воздействия на прилегающие территории неодинаковы в разных физико-географических районах из-за различий в рельефе, климате и т. д.

3. ВОДОХРАНИЛИЩА КАРЕЛО-КОЛЬСКОГО РЕГИОНА

На территории СССР находятся Кольская, Присевероморская и Центрально-озерная области низких плоскогорий и равнин физико-географической страны Фенноскандии, которые включают Мурманскую область, Карельскую АССР и частично Архангельскую, Вологодскую и Ленинградскую области, т. е. большую часть Северо-Западного и часть Северного экономических районов.

Водохранилища этого региона во многом отличаются от водохранилищ остальной территории СССР, что обусловлено выходом на поверхность во многих районах твердых кристаллических пород, наличием в ряде мест водоупорных моренных отложений, относительно высокой водностью рек (при незначительных атмосферных осадках — не более 500—600 мм/год — потери на испарение и инфильтрацию невелики), пересеченным рельефом и др.

Пересекая уступы кристаллических пород, реки образуют здесь многочисленные пороги и водопады. Возникшие во


БАРЕНЦЕВО МОРЕ
БЕЛОЕ МОРЕ
Борисоглебское
Хевоскоски
Кайтакоски
Янискоски
Раякоски
Нижнетериберское
Мурманск
Падунское
Нижнетуломское
Верхнетериберское
Серебрянское
Тулома
Верхнетуломское
Воронья
оз. Имандра
Иоканга
Пиренгское
Умба
Имандровское
Плесозерское
Пинозерское
Поной
Варзуга
Стрельна
Северный полярный круг
Иовское
Княжегубское (Ковдозерское)
оз. Ковдозеро
Кумское
оз. Пяозеро
оз. Топозеро
оз. Ср. Куйто
Белопорожское
Кривопорожское
оз. Ниж. Куйто
Кемь
Путкинское
Юшкозерское
Архангельск
Северодвинск
Сев. Двина
Беломорское
Выгостровское
Маткожненское
Палакоргское
Сумозерское
Ондское
Выгозерское
Ондозерское
Онега
Сегозерское
оз. Сегозеро
Илекса
Суна
Гирвасское
Кондопожское (Сандальское)
Волозерское
Янисъярви
Петрозаводск
Онежское озеро
Ведлозерское
оз. Лача
Светогорское
Лесогорское
Ладожское озеро
Вытегорское
Свирь
Верхнесвирское (Онежское)
Белоусовское
Нижнесвирское
Новинкинское
оз. Воже
Ковжское
Финский залив
оз. Белое
Кубена
Ленинград
Ильменьское (Волховское)
Сясь
Паша
Суда
Нарвское
оз. Кубенское
Луга
Волхов
Шекснинское (Череповецкое)
36°
42°
68°
64°
60°
30°

93. *Схема размещения озер-водохранилищ и водохранилищ на Северо-Западе СССР*

впадинах рельефа тысячи озер привели к значительной естественной зарегулированности стока рек, которую легко повысить, используя (без значительного затопления земель) озерные котловины для создания водохранилищ. Отсутствие в регионе горючих ископаемых стимулировало использование больших гидроэнергоресурсов, а положение южной части региона на сравнительно низком водоразделе между Белым, Балтийским и Каспийским морями создало предпосылки для строительства судоходных каналов. Наличие больших лесных ресурсов вызвало развитие лесосплава по рекам. С целью его улучшения в верховьях рек были построены водохранилища для весенне-летних лесосплавных попусков.

В Карелии водохранилища стали создавать в начале XVIII в. (Лососинское, Машезерское) для нужд заводов по выплавке железа из местных болотных руд. Новые водохранилища стали сооружать лишь в годы Советской власти; по плану ГОЭЛРО в 1928 г. пущена Кондопожская ГЭС с Сандальским озером-водохранилищем, в 30-х годах заполнены водохранилища на трассе Беломорско-Балтийского канала им. В. И. Ленина (Выгозерское, Маткожненское, Палакоргское, Ондское), а также водохранилища энергетического каскада на р. Ниве (Имандровское и др.), несколько водохранилищ ГЭС на других реках (Нижнетуломское, Нижнесвирское, Светогорское, Лесогорское) и водохранилищ для лесосплавных целей — Ведлозерское, Тулмозерское, Водлозерское, Суоярви и др.

Еще больше водохранилищ создано после Великой Отечественной войны при использовании гидроэнергоресурсов рек Ковды, Кеми, Вороньей, Паза, Териберки и др. В этот период были заполнены такие крупные водохранилища, как Онежское (Верхнесвирское), Верхнетуломское, Ковдозерское, Кумское, Иовское, Сегозерское, Ловозерское (Серебрянское).

Главное назначение водохранилищ, особенно крупных, в Карелии и Мурманской области — обеспечить работу гидроэлектростанций; водохранилища Нижневыгского и Свирского каскадов имеют большое значение для судоходства, многие небольшие и средние водохранилища важны для лесосплава. Чаще всего водохранилища используются в нескольких целях. С каждым годом расширяется забор воды для водоснабжения растущих городов и поселков; развивается на них и рекреация (водный туризм и спортивное рыболовство).

Абсолютное большинство водохранилищ региона (рис. 93) создано в котловинах озер с разной величиной подпора их уровня, у некоторых уровень воды поднят на 3—10 м (Выгозеро, Нотозеро и др.), у остальных при подъеме уровня на 0,5—2 м площадь зеркала и очертания береговой линии существенно не изменились. Если у озера большая площадь водного зеркала, то даже при малом подпоре оно имеет значительный полезный объем, что позволяет проводить сезонное и многолетнее регулирование стока без существенного затопления земель.

Горизонтальные параметры водохранилищ региона колеблются в широких пределах: площадь — от 1—2 кв. км до почти 10 000 кв. км (Онежское), длина — от 3—5 до 160 (Ловозерское) — 280 км (Онежское), ширина — от 1—2 до 30—50 км (Кумское, Инари, Онежское). Глубина большинства водохранилищ значительна за счет естественной глубины озер — до 60—130 м (Имандровское, Ковдозерское, Инари, Онежское).

Акватории водохранилищ продолговатые, вытянуты с северо-запада на юго-восток в соответствии с направлением движения ледника. Для них характерны сложные очертания береговой линии из-за многочисленных извилистых заливов, обилия полуостровов и островов. Особенно причудлива форма Имандровского водохранилища, состоящего из нескольких извилистых плесов, и Онежского водохранилища с многочисленными глубокими заливами в северной части. Все это в сочетании с красивыми лесами на скалистых берегах придает большинству водохранилищ очень живописный и неповторимый облик, который служит одним из факторов широкого распространения здесь туризма.

Из водохранилищ, образованных при затоплении речных долин, выделим Верхнетуломское на р. Туломе, хотя и оно включает в себя небольшое Нотозе-

ро; оно — самое большое и самое глубокое из долинных водохранилищ региона.

Из-за умеренно прохладного климата, бедности биогенными веществами, высокого содержания гуминовых веществ (сток с многочисленных болот) водохранилища имеют низкую биологическую продуктивность. Большие озера-водохранилища — олиготрофные (мало органики) водоемы, а многие менее крупные (Салонъярви, Суоярви и др.) — дистрофные, т. е. очень малокормные. Однако за счет большой площади зеркала уловы рыбы бывают значительны. Преобладают лососевые и сиговые рыбы (корюшка, ряпушка, палия, озерная форель), а также судак, окунь и др. (Жадин, Герд, 1961).

Создание озер-водохранилищ не вызывало больших нарушений в природе, поскольку объемы и площади озер изменились незначительно. Несколько нарушились условия воспроизводства некоторых проходных рыб из-за строительства плотин. Меньшая скорость течения в реках при подпоре их плотинами снижает и без того невысокую самоочищающую способность холодноводных рек; особенно это стало заметно в последнее время из-за увеличения объема сточных вод целлюлозно-бумажных и других предприятий, городов и т. п.

Необходимость переустройства народнохозяйственных объектов при создании озер-водохранилищ в целом невелика как из-за небольших размеров дополнительных затоплений, так и из-за незначительной освоенности озерных котловин, особенно на севере региона; в довоенные годы, когда уже было создано несколько крупных озер-водохранилищ, нарушения были еще менее существенными.

Создание водохранилищ в регионе будет продолжаться в целях дальнейшего использования гидроэнергоресурсов, особенно на Кольском полуострове; в Карелии потенциал гидроэнергии большей частью уже использован.

4. ВОДОХРАНИЛИЩА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ (РУССКОЙ) РАВНИНЫ

В этом регионе выделяются следующие физико-географические области — Запад, Север и Юг равнины, Причерноморская низменность и Ставропольская возвышенность. Здесь находятся следующие экономические районы: полностью — Прибалтийский и Белорусская ССР, Центральный, Центральночерноземный, Волго-Вятский и частично Северо-Западный, Северный, Уральский (Предуралье), Поволжский (без прикаспийской части) и Северо-Кавказский (без горной части), а также Украинская ССР (без Карпат).

На указанной территории располагается примерно 1800 водохранилищ (70% их общего количества), в том числе около 80% малых водохранилищ. Удельный вес региона в суммарном объеме водохранилищ страны превышает 25%, а по площади зеркала — около 35% (здесь много крупных равнинных водохранилищ на реках Волга, Кама, Днепр, Дон, Шексна и т. д.).

Первые водохранилища на Русской равнине известны с начала XVIII в. Они были созданы для нужд металлургии в районе р. Выксы, на Нижней Оке и в Предуралье (на реках Холуница, Кирс и др.), а также при строительстве Вышневолоцкой судоходной системы. В XIX в. создание водохранилищ продолжалось как в указанных выше районах, так и в других при строительстве Тихвинской, Мариинской, Северо-Двинской судоходных систем, при шлюзовании р. Москвы. В конце века отдельные небольшие водохранилища имелись и в других районах — на Украине, в Прибалтике, Поволжье. Основными целями создания были обеспечение механической энергией и водой заводов и фабрик, судоходных каналов, в лесной зоне — еще для улучшения условий сплава древесины. Аналогичные задачи решали водохранилища и в первые два десятилетия XX в. (шлюзование Оки и Северского Донца и т. п.).

Более крупных масштабов строительство водохранилищ достигло в годы первых пятилеток в связи с осуществлением плана ГОЭЛРО, развитием социалистической промышленности, начавшейся реконструкцией Волги и развитием орошения на юге. Имели значение не только задачи судоходства и водоснабжения, важную роль приобрела гидроэнергетика. В предвоенные десятилетия были созданы такие известные водохранилища, как Ильменьское (Волховская

ГЭС), Иваньковское, Угличское и Рыбинское на Волге, Запорожское на Днепре, Пролетарское и Веселовское на Маныче, Кегумское на Даугаве. Было построено несколько водохранилищ на канале им. Москвы, в Донбассе и в других местах.

Наибольшими темпами создавались водохранилища после Великой Отечественной войны. На Волге возникли Горьковское, Чебоксарское, Куйбышевское, Саратовское, Волгоградское, на Каме — Камское, Воткинское, Нижнекамское, на Днепре — Киевское, Каневское, Кременчугское, Днепродзержинское, Каховское, на Дону — Цимлянское, на Шексне — Череповецкое (Шекснинское) водохранилища. Меньшие по объему и площади водохранилища сооружены на многих других реках Русской равнины, особенно на Украине и в Молдавии (Днестровское, Дубоссарское, Краснооскольское и др.), в Подмосковье (на реках Москве и ее притоках, Вазузе и др.), на Даугаве, Нарве, Немане, Кубани и т. д. Водохранилища в этот период были сооружены почти во всех областях, краях и республиках региона.

Создание водохранилищ на крупных реках преследовало комплекс задач — выработку электроэнергии (Волга, Кама, Днепр, Дон, Даугава, Днестр), улучшение условий работы водного транспорта (те же реки, кроме Днестра), развитие ирригации (Днепр, Дон, Волга, Днестр, Кубань); большинство водохранилищ на этих реках используется также для промышленного и коммунального водоснабжения, борьбы с наводнениями, рыбного хозяйства, рекреации. Особенно сложно комплексное использование водохранилищ Волжско-Камского каскада. Большинство малых, небольших и средних водохранилищ создавалось в интересах обеспечения водой промышленности (в том числе тепловых электростанций) и городов, а также для орошения.

В основном регион охватывает республики, края и области с наиболее плотным населением (плотность населения несколько выше только в отдельных районах Кавказа, Карпат, Средней Азии, Урала). На Русской равнине проживает 60% населения страны, она дает не меньший процент национального продукта, хотя занимает около 12% территории. Созданные в регионе водохранилища во многом способствуют производству промышленной продукции (особенно металлургической, химической, целлюлозно-бумажной и энергетической), существенно увеличивают продуктивность земель в южной части равнины, обеспечивают перевозки десятков миллионов тонн грузов, а также отдых десятков миллионов человек. Комплексные и специальные рыботоварные водохранилища и пруды Русской равнины дают не менее 1млн. ц рыбы в год.

Для водохранилищ Русской равнины, как уже отмечалось выше, характерны значительные горизонтальные параметры — длина, ширина, площадь зеркала (табл. VII-4), обусловленные большой шириной и малыми уклонами речных долин, использованием для создания части водохранилищ моренных озер. Конфигурация водохранилищ в плане более простая, чем в Карело-Кольском регионе, но в ряде случаев, особенно в областях моренного ландшафта и на возвышенностях, ландшафтный облик водохранилищ достаточно многообразен и живописен.

Гидрологический режим водохранилищ Русской равнины в соответствии с их неодинаковыми водохозяйственными задачами очень разнообразен. Большинство из них осуществляет только сезонное (иногда даже неполное) регулирование речного стока. Лишь немногие, преимущественно небольшие, водохранилища регулируют сток в многолетнем разрезе. Неполное многолетнее регулирование могут обеспечивать лишь два крупных водохранилища — Рыбинское и Цимлянское, так как для задержки стока очень высоких половодий потребовалось бы затопить большие площади. Многие из крупных водохранилищ Русской равнины (Горьковское, Саратовское, Воткинское, Каневское, Днепродзержинское, Запорожское) регулируют только боковую приточность и поэтому имеют относительно небольшую сработку.

Проточность разных водохранилищ неодинакова и определяется как отношением полезного объема к годовому стоку реки, так и ролью водохранилищ в каскаде. Водообмен в Саратовском, Днепро-

дзержинском, Киевском, Угличском водохранилищах происходит более 10 раз в год; в Куйбышевском, Волгоградском, Камском — 4—10 раз; в Кременчугском, Каховском — 2—4 раза в год, а в Веселовском и Пролетарском — не чаще одного раза в два года.

Глубина сработки водохранилищ зависит от их формы (узкое и глубокое или широкое и неглубокое) и вида регулирования стока. В соответствии с тем, что водохранилища Русской равнины относятся преимущественно к типу мелких (менее 10 м), незначительных по глубине (10—19 м) и лишь частично к средним по глубине (20—50 м), их сработка в течение года невелика, значительно меньше, чем у водохранилищ плоскогорных и горных регионов. Большинство водоснабженческих, многие энергетические (Саратовское, Горьковское, Запорожское, Каневское, Волгоградское, Шекснинское и др.), большая часть водохранилищ на судоходных каналах (им. Москвы, Волго-Донском и Волго-Балтийском) или почти совсем не срабатываются (уровни изменяются в пределах 0—1 м), или опорожняются к концу зимы на 1—3 м. Более существенны колебания уровня в течение года на важнейших регулирующих водохранилищах комплексного назначения — Рыбинском, Куйбышевском, Камском, Цимлянском, Кременчугском, а также на ирригационных водохранилищах (3—10 м); некоторые ирригационные водохранилища, например в Заволжье, осушаются почти полностью.

Неодинакова гидробиологическая и рыбохозяйственная продуктивность водохранилищ Русской равнины: в холодноводных, бедных биогенными веществами водохранилищах лесной зоны она значительно ниже, чем в хорошо прогреваемых, богатых биогенами водохранилищах степной зоны, таких, как Цимлянское, Каховское, Кременчугское, Пролетарское, Веселовское, Краснодарское.

Воздействие водохранилищ Русской равнины на окружающую среду в целом оказалось значительным, хотя и локальным, не выходящим, как правило, за пределы речных долин. В результате подпора рек плотинами были затоплены на протяжении многих сотен километров пойменные и частично низкие надпойменные террасы долин Волги, Камы, Днепра, Дона, Шексны, Даугавы и других менее крупных рек. Ширина водного зеркала увеличилась во много раз, достигая на отдельных участках 10—30 км, а на Рыбинском — 60 км. Затопление лугов и лесов изменило ландшафт долин. Расширение акватории и накопление в водохранилищах значительной массы воды повлияло, большей частью положительно, на местный климат.

В то же время затопление сенокосов и пастбищ отрицательно сказалось на кормовой базе животноводства прилегающих районов, существенными были потери пахотных земель. Это потребовало проведения больших по масштабам компенсационных мероприятий — освоения целинных земель (залежей, перелогов и др.), развития орошения и т. д. Правда, возможные размеры затопления земель и других хозяйственных фондов были заметно снижены благодаря обвалованию многих земельных массивов, городских и промышленных территорий; в последние десятилетия особенно широко применялась инженерная защита при создании Чебоксарского, Нижнекамского, Кременчугского, Днепродзержинского, Краснодарского, Плявиньского, Каневского и других водохранилищ.

Изменение ландшафта в результате замены лесокустарниковых и луговых угодий водной поверхностью значительно повлияло на растительность и животный мир речных долин, особенно там, где за пределами поймы лесная растительность почти отсутствует, например в степной зоне. Примером могут служить Каховское водохранилище, затопившее Конкские плавни, или Волгоградское водохранилище с безлесными берегами.

Влияние водохранилищ Русской равнины в период их эксплуатации на прилегающие территории носит в целом более локальный характер, но из-за больших размеров некоторых из них оно все же сказывается иногда на значительных расстояниях, в полосе шириной до 5—10 км, а вдоль реки — на сотни километров. Берега крупных водохранилищ, сложенные рыхлыми осадочными породами, на значительной части их длины интенсивно разрушаются волнами и течениями; подпор уровня грунтовых вод



94. Водохранилище Плявиньской ГЭС на р. Даугава (Латвийская ССР)

способствует активизации на отдельных участках просадочных и оползневых процессов. Происходит подтопление плоских побережий с их заболачиванием, распространяющимся иногда на несколько километров от берега.

В целом же площадь этих зон нарушений не столь значительна по сравнению с площадью затопленных земель. Так, на берегах Рыбинского, Горьковского, Куйбышевского и Волгоградского водохранилищ подтоплено 25—35 тыс. га, т. е. 2—3% по отношению к площади этих водохранилищ (Авакян, Шарапов, 1977). На Волжско-Камском, Днепровском, Свирском каскадах и Ильменском водохранилище подтоплено 75 тыс. га, т. е. около 3% от площади затопления. Земли, потерянные в результате переработки берегов тех же водохранилищ, имеют общую площадь 25 тыс. га, т. е. несколько больше 1% площади затопления сельскохозяйственных угодий (Вендров, 1979).

Значительные нарушения крупные водохранилища Русской равнины внесли в хозяйственные условия районов их создания. Была затоплена территория таких небольших городов, как Ставрополь (Куйбышевское водохранилище), Молога (Рыбинское), Корчева (Иваньковское), сотни деревень, сотни километров автомобильных дорог и т. п. Из зон затопления крупных водохранилищ переселено несколько сот тысяч жителей. Вложенные в компенсационные мероприятия большие денежные, материальные и трудовые ресурсы давно уже окупились народнохозяйственным эффектом от выработки электроэнергии, улучшения условий судоходства, водообеспечения промышленности и населения, отдыха людей, орошения земель в южных районах.

Влияние водохранилищ отрицательно сказывается на природе речных долин ниже регулирующих гидроузлов: прекращаются или уменьшаются весенние половодные затопления поймы (Волго-Ахтубинская пойма и дельта Волги, низовья Дона, Днепра, Днестра, Кубани), нарушаются пути миграций проходных рыб (осетровых, лососевых, угря и др.), изменяются сроки и температурный режим затопления дельтовых площадей, на которых весной нерестятся полупроходные рыбы (вобла, сазан, судак и др.) и нагуливается их молодь. Снижение длительности и высоты весенних разливов угнетающе подействовало на огромные заросли тростника и камыша в дельтах Волги, Дона, Кубани и др. Вместе с тем сезонное регулирование стока рек уменьшило последствия сильных наводнений и улучшило природную обстановку в остальные периоды года, поскольку меженные расходы увеличились, улучшился кислородный режим, качество воды и т. д.

Многие из отрицательных последствий

95. Заславльское водохранилище («Минское море») — звено Вилейско-Минской водной системы



96. Схема Вилейско-Минской водной системы (Белорусская ССР)



в нижних бьефах устраняются или ослабляются благодаря специальным мероприятиям. В Волго-Ахтубинскую пойму и дельту Волги из Куйбышевского и Волгоградского водохранилищ ежегодно сбрасывается специальный сельскохозяйственный и рыбохозяйственный попуск (объем в многоводные годы доходит до 90—110 куб. км, в остальные годы — до 60—80 куб. км), что позволяет поддерживать продуктивность пойменных сенокосов лишь немного ниже естественной и сохранять на определенном уровне условия воспроизводства полупроходных рыб. Такие попуски эпизодически проводятся и на других реках.

Многие плотины имеют рыбопропускные сооружения (рыбоподъемники на Волгоградском и Цимлянском гидроузлах, рыбоходы на многих гидроузлах на Западной Двине, Нарве, Волхове, Кубани, Дону и т. д.). В низовьях крупных рек работает большое число рыбоводных заводов по выращиванию молоди осетровых, сиговых, лососевых рыб. Эти мероприятия позволяют восстановить высокий уровень стада осетровых рыб в Каспийском море и сиговых — в Балтийском.

На Русской равнине есть разные типы водохранилищ, они отражают специфику природных и экономических условий отдельных частей равнины; ниже мы кратко остановимся на них.

На Западе Русской равнины много озер-водохранилищ (в котловинах, унаследованных от ледникового периода). Самое крупное — Ильменское водохранилище; оно состоит из длинного узкого речного участка по р. Волхов и самого оз. Ильмень, режим которого изменился в результате небольшого подпора; в многоводные годы подпор от Волховской плотины проявляется слабо. Водохранилище обеспечивает работу первенца плана ГОЭЛРО — Волховской ГЭС им. В. И. Ленина и используется для водоснабжения Волховского алюминиевого завода, г. Новгорода, для судоходства и рыболовства. В озера-водохранилища превращены оз. Лубанас, обвалованное дамбами для сохранения прилегающих земель, — в Латвии, Дуся, Платялю, Падисняй, Анталепте — в Литве, Дрисвяты, Дривяты, Освейское,

Езерище, Лукомльское, Селявское, Лосвидское — в Белоруссии. Эти озера-водохранилища разнообразны по конфигурации — округлые, состоящие из нескольких плесов или с обилием заливов.

На Западе Русской равнины есть и долинные водохранилища преимущественно вытянутой формы, наибольшие из них — Плявиньское (рис. 94), Кегумское, Рижское и строящееся Даугавпилсское на Даугаве, Каунасское на Немане, Вилейское на Вилии. Относительно большей глубиной, меньшей шириной и малой площадью зеркала отличаются водохранилища на Даугаве, поскольку река прорезала в коренных породах сравнительно узкую долину, имела до подпора большой уклон и кое-где пороги. Главное назначение ГЭС Даугавского каскада — выработка электроэнергии, выдача мощности (1800 МВт) в энергосистему Северо-Запада. Живописные берега привлекают много отдыхающих.

Каунасское водохранилище на Немане было одним из первых гидроэнергетических объектов в Прибалтике. Его энергетическое значение сильно возрастет после пуска строящейся на его берегу Кайшядорской гидроаккумулирующей электростанции мощностью 1,6 млн. кВт. Некоторый эффект водохранилище дало в защите Каунаса от наводнений. Большое социально-экономическое значение приобретает Вилейско-Минская водная система (рис. 95, 96), состоящая из головного Вилейского водохранилища, каналов для переброски воды в р. Свислочь, насосных станций и ряда водохранилищ на р. Свислочь и ее притоках, в том числе самое большое — Заславльское (Минское море). Эта система обеспечивает водой промышленность и население (около 1,5 млн. чел.) г. Минска, его водное благоустройство и отдых жителей. На водохранилищах созданы разнообразные объекты для отдыха и спорта (включая трассу для водного слалома).

Остальные водохранилища района относятся к небольшим и малым и служат в основном для водоснабжения жителей, водообеспечения промышленности, рыбного хозяйства и орошения земель (в Литве и Белорусском Полесье); многие из них первоначально создавались для обеспечения работы небольших ГЭС, ныне часть их законсервирована.

На Севере Русской равнины водохранилища разнородны по параметрам, морфологическим признакам и гидрологическому режиму. Большинство их сосредоточено в юго-западной части — в Московской, Смоленской, Калининской, Рязанской, Вологодской областях, а также на юго-востоке — в Пермской и Кировской областях; меньше водохранилищ в остальных районах (Марийская, Удмуртская, Чувашская АССР, Горьковская область) и почти нет их в Коми АССР.

Из крупных водохранилищ здесь находятся верхневолжские (Иваньковское, Угличское, Горьковское, Чебоксарское, Рыбинское), камские (Камское, Воткинское, Нижнекамское), Шекснинское, Кубенское и строится Ржевское. Есть и ряд средних водохранилищ — Ковжское в системе Волго-Балта, Вышневолоцкое, Верхневолжское, Вазузское, Учинское, Можайское, Озернинское, Рузское, Истринское (система водоснабжения г. Москвы). Кроме того, существуют многие десятки небольших и малых водохранилищ, играющих важную роль в решении водохозяйственных проблем районов.

Из крупных водохранилищ своеобразной морфологией и другими природными особенностями отличаются Шекснинское и Рыбинское. Шекснинское (Череповецкое) водохранилище состоит из сравнительно узкой, сложной по конфигурации (с большим расширением ниже г. Кириллова) речной части, возникшей в результате затопления долин р. Шексны и некоторых ее притоков, и широкой, округлой по форме озерной части в котловине Белого озера; уровень озера поднят лишь на десятки сантиметров. Ширина в речной части не превышает 10—15 км, в озерной — достигает 50 км. Весь участок прежней Мариинской системы с несколькими шлюзами на южном склоне превратился в одну ступень. Вблизи Кириллова начинается Северо-Двинский судоходный канал, соединяющий Волгу с Северной Двиной. В связи с благоприятными условиями нереста и нагула рыб на мелководном озерном плесе и малыми колебаниями уровня в вегетационный период



97,98. Переформирование берегов из рыхлых пород (на Рыбинском водохранилище)

Шекснинское водохранилище имеет более высокую рыбопродуктивность, чем соседние крупные водоемы (Онежское озеро, Рыбинское водохранилище).

Рыбинское водохранилище по своей морфометрии относится к уникальным водоемам мира; оно затопило широкие плоские участки долин левых притоков Волги — Шексны и Мологи и междуречье между ними (Молого-Шекснинскую котловину), тогда как в долине самой Волги подпор воды плотиной образовал лишь узкий и сравнительно короткий речной участок; распространение подпора по Волге составило 110 км, по Мологе — 226 и по Шексне — 326 км. В результате образовался озеровидный водоем шириной до 60 км, со сложной системой заливов, полуостровов, островов в бывших долинах Шексны и Мологи. На водохранилище есть и пологие низкие берега и более высокие, например, вдоль волжского русла; одна из характерных форм размыва берегов показана на рис. 97, 98.

Рыбинское водохранилище — главный регулятор стока Волги на участке до Куйбышевского водохранилища, частично в многолетнем разрезе; в связи с этим характерно чередование лет с высокими (до отметки НПУ и выше) и низкими уровнями воды, что по-разному влияет на гидробиологические процессы. Это водохранилище — одно из наиболее изученных в мире, оно длительное время исследуется расположенными на его берегах Институтом биологии внутренних вод (прежде — биологии водохранилищ АН СССР), Рыбинской гидрометеообсерваторией и Дарвинским государственным заповедником.

Специфические морфологические особенности имеет и Горьковское водохранилище, состоящее из нижней широкой озерной части и верхней узкой длинной речной части с живописными берегами

99. Орошение юга Украины водами Каховского водохранилища

и широким заливом в низовьях р. Костромы, отделенным от водохранилища обвалованной Костромской низиной. Для Чебоксарского водохранилища характерна большая протяженность искусственных берегов-дамб, созданных для обвалования многих массивов ценных земель; так же выглядят берега Нижнекамского водохранилища, где защищаются не только земли, но и сооружения по добыче нефти. Для Пермского водохранилища характерно чередование широких плесов в устьях больших притоков (Косьвы, Иньвы, Обвы и др.) и сужений речной долины.

Все крупные водохранилища используются комплексно (гидроэнергетика, водный транспорт, лесосплав, водоснабжение, рыбное хозяйство, рекреация), причем для Иваньковского водохранилища (как и для системы водохранилищ на р. Москве, ее притоках и канале им. Москвы) основная цель — обеспечить водой Московскую городскую агломерацию. Малые и небольшие водохранилища служат преимущественно для водоснабжения и рекреации, отчасти для охлаждения вод тепловых электростанций, лесосплава, рыбного хозяйства.

Юг Русской равнины, Причерноморская низменность и Ставропольская возвышенность обладают наибольшим количеством водохранилищ в СССР — более 1300. Это обусловлено, с одной стороны, большим водопотреблением промышленности, городов, интенсивного сельского хозяйства, с другой — ограниченными водными ресурсами при очень неравномерном речном стоке. Только на Украине и в Молдавии сосредоточено свыше 800 водохранилищ, в том числе более 20 средних и крупных.

В этом регионе находятся крупные водохранилища — нижневолжские (Куйбышевское, Саратовское, Волгоградское), все днепровские, Цимлянское на Дону, Веселовское, Краснодарское, Днестровское, Костешты-Стынка (на пограничном участке р. Прут), Павловское и строящееся Иштугановское в Предуралье, а также около 40 средних водохранилищ (Матырское, Воронежское, Белгородское, Пензенское, Кутулукское, Карповское, Нугушское, Печенежское, Краснооскольское), подпруженные лиманы между Дунаем и Днестром, кроме того, Большое (Кубанское), Шапсугское, Сенгилеевское на Северном Кавказе.

По сравнению с севером и западом Русской равнины в использовании водохранилищ региона большую роль играет ирригация (рис. 99), поскольку эта территория относится к зоне неустойчивого или недостаточного увлажнения. Велика здесь и роль гидроэнергетики, так как ГЭС Волжского, Днепровского, Днестровского каскадов— крупнейшие на ЕТС. Значительно транспортное использование водохранилищ, особенно на Волге; водохранилища региона более богаты рыбой — Цимлянское, Каховское и Кременчугское дают в среднем по 100 тыс. ц/год каждое. Отдых и занятия спортом на водохранилищах очень популярны среди населения.

В последние годы выявились некоторые специфические аспекты значения водохранилищ. Прорыв пруда-отстойника сильно загрязненных сточных вод химического предприятия в бассейне Днестра вызвал бы гораздо большие отрицательные последствия для населения и природы приднестровской зоны (в том числе г. Одессы), если бы Днестровское водохранилище, куда поступили прорвавшиеся стоки, не сыграло буферной роли. Задержка этих стоков в водохранилище уменьшила ущерб для населения.

Другим примером может служить ситуация в низовьях Дона, когда из-за ураганных ветров произошло резкое снижение уровня воды в реке и осушение

водозаборов Ростова-на-Дону и Таганрога; это грозило нарушить их водообеспечение. Лишь благодаря срочному сбросу воды из Цимлянского водохранилища удалось восстановить бесперебойное водоснабжение.

Большинство водохранилищ южных областей Русской равнины — долинного типа, имеют вытянутую форму с уменьшением ширины вверх по течению; лишь на части водохранилищ (в том числе на Куйбышевском, Цимлянском, Саратовском, Каховском, Кременчугском и др.) широкие плесы чередуются с более узкими участками. Естественно, в районах с более расчлененным рельефом (Приднестровье, Донецкий кряж, Предуралье, Приволжская возвышенность) водохранилища у́же и глубже — до 25—35 м; в остальных районах максимальная глубина не превышает 20—25 м.

Ввиду большей роли ирригации и сильного испарения для режима эксплуатации водохранилищ региона характерно большее снижение уровня в вегетационный период, чем в других рассмотренных регионах, что влияет на гидрологические, гидрохимические, гидробиологические процессы в водохранилищах и на побережьях. Более интенсивная летняя сработка водохранилищ в сочетании с менее стойкими к размыву и увлажнению лёссовидными и лёссовыми породами приводит к тому, что переформирование берегов здесь идет сильнее, чем на севере. Процессы повышения уровня грунтовых вод иногда сопровождаются засолением почвогрунтов. Активнее проходят и процессы занесения и заиления водохранилищ.

В некоторых водохранилищах наблюдается повышенная минерализация воды, поскольку исходная речная вода имеет более высокую соленость, а потери воды на испарение, при котором соли остаются в водохранилище, больше, чем в северном и западном регионах.

Активнее происходят здесь гидробиологические процессы, выше продукция бактерий, фитопланктона, зоопланктона, зообентоса, а также высшей водной растительности. Это в сочетании с обилием биогенных поступлений от сельского хозяйства и мощной промышленности, а также и замедленным водообменом вызывает зарастание водохранилищ (если ему не мешает волнение), евтрофирование и как следствие — избыточное цветение воды (бурное развитие синезеленых и других водорослей). Такие явления характерны для большинства днепровских и нижневолжских водохранилищ.

Чтобы предотвратить указанные неблагоприятные явления, улучшается очистка сточных вод, внедряются оборотное водоснабжение, маловодные технологии в промышленности; в водохранилища выпускают растительноядных рыб, очищают водохранилища от избыточной массы растений. Эффект этих мероприятий уже заметен на Волжском и Днепровском каскадах. Аналогичные мероприятия проводятся и в других регионах страны, но на юге Русской равнины они особенно важны.

Водохранилища Днепровского и Волжского каскадов широко освещены в научной и научно-популярной литературе, поэтому мы отметим лишь некоторые их особенности. Прежде всего это их огромное значение в развитии социально-экономической сферы нашей страны; без создания этих каскадов не удалось бы в послевоенный период быстро поднять энергетическую базу промышленности, расширить гарантированное производство сельскохозяйственной продукции на орошаемых землях, улучшить использование самого дешевого вида транспорта — водного, обеспечить водой крупнейшие промышленные центры и города. Отметим еще, что увеличивается значение таких видов использования водных ресурсов днепровских, волжских, днестровских, кубанских, донских водохранилищ, как ирригация, водоснабжение, рекреация при соответствующем снижении значения гидроэнергетики, а отчасти и водного транспорта.

В связи с тем что Русская равнина плотно населена, обладает сложившейся богатой хозяйственной материальной базой и имеет наиболее благоприятные условия для жизни человека, развитие хозяйства здесь будет интенсивно продолжаться. Поэтому кроме создания новых водохранилищ в перспективе не исключена возможность и других мероприятий, в том числе территориальное перераспределение водных ресурсов (переброска части стока северных рек на

юг, Дуная — в Днепр, межбассейновые переброски меньших масштабов). Водохранилища будут сооружаться преимущественно небольшие и средние — на притоках главных рек и в системах территориального перераспределения водных ресурсов.

5. ВОДОХРАНИЛИЩА КАРПАТСКОЙ И КРЫМСКО-КАВКАЗСКОЙ ГОРНЫХ СТРАН, АРМЯНСКОГО И ИРАНСКОГО НАГОРИЙ

В пределы указанных физико-географических стран входят Закарпатская и частично Львовская, Ивано-Франковская, Черновицкая и Крымская области УССР, южная половина Краснодарского края, Карачаево-Черкесская АО, преобладающая часть Кабардино-Балкарской, Северо-Осетинской, Чечено-Ингушской и Дагестанской АССР, а также полностью Грузинская, Армянская и Азербайджанская союзные республики. Регион охватывает часть Восточных Карпат, Крымские и Кавказские горы, Армянское нагорье, горы Ленкорани, входящие в Иранское нагорье, расположенные между ними Колхидскую (Рионскую) и Кура-Араксинскую низменности.

В регионе примерно 100 водохранилищ, в том числе крупных по объему — пять: Мингечаурское и Шамхорское на Куре, Араксинское на Араксе, Ингурское на Ингури и Чиркейское на Сулаке (рис. 100); на Мингечаурское приходится почти половина общего объема водохранилищ региона. Есть также 17 средних водохранилищ: Гальское, Жинвальское, Зонкарское, Храмское, Тбилисское, Сионское в Грузии, Ахурянское, Арпаличское, Азатское, Спандарянское, Вайхирское в Армении, Сарсангское, Арпачайское, Акстафачайское, Джейран-Батанское в Азербайджане; строятся Ирганайское водохранилище на Сулаке и Худонское на р. Ингури.

Значение водохранилищ региона определяется в первую очередь гидроэнергетическим и ирригационным использованием их водных ресурсов, причем в Грузии, Карпатах и на Северном Кавказе превалирует гидроэнергетика, а в Армении и Азербайджане — ирригация (рис. 101, 102), хотя многие гидроузлы имеют в своем составе и гидроэлектростанции (Мингечаурский, Шамхорский, Араксинский, Спандарянский гидроузлы, каскад на р. Раздан и др.). Отдельные водохранилища предназначены только для водоснабжения — Джейран-Батанское (г. Баку), Симферопольское, Партизанское (Крым), Мармарикское (в Армении) или имеют для него важное значение — Тбилисское, Жинвальское (обеспечение г. Тбилиси), Шаорское, Ткибульское, Гуматские и др. Мингечаурское, Сарсангское, Ингурское, Чиркейское водохранилища играют важную роль в борьбе с наводнениями. Рыбохозяйственное и рекреационное значение водохранилищ здесь невелико из-за неблагоприятных природных условий и режима эксплуатации (кроме водохранилищ вблизи крупных городов на равнинах); для отдыха особенно широко используется Тбилисское водохранилище.

Абсолютное большинство водохранилищ относится к долинному типу; Храмское, Арпаличское, Тбилисское находятся в котловинах небольших озер; несколько водохранилищ — наливные: Джейран-Батанское (подача воды из рек Самур и Кура), Тбилисское (из р. Йори), Екаханское, Карнутское; Ладжанурское водохранилище создано в сухой долине на тракте переброски стока р. Цхенисцкали в р. Риони (рис. 103); в Гальское водохранилище на Эрисцкали перебрасывается по туннелю весь сток Ингурской ГЭС.

В соответствии с горным рельефом региона водохранилища отличаются большой глубиной: Ингурское — 225 м, Чиркейское — 215 м, Худонское — 175 м, Жинвальское и Сарсангское — 110—115 м, Ирганайское — 95 м, Мингечаурское, Сионское, Шамхорское, Ахурянское и еще около десятка водохранилищ — 50—75 м. Относительно невелики, кроме Мингечаурского, горизонтальные параметры водохранилищ — площадь зеркала (Шамхорское — 110 кв. км, остальные не более 30—50 кв. км), длина и ширина. Малые размеры водохранилищ определяют и незначительное их воздействие на природу и хозяйство прилегающих территорий. В гидрологическом режиме рек ниже плотин происходят, наоборот, заметные изменения.



100. Глубоководное горное Чиркейское водохранилище на р. Сулак (Дагестанская АССР) обеспечивает работу ГЭС мощностью свыше 1 млн. кВт и орошение земель

101. Кечутское водохранилище подает воду из р. Арпа для переброски части ее стока в оз. Севан с целью повышения его уровня (Армянская ССР)

102. Сарсангское водохранилище на р. Тертер в Азербайджанской ССР

103. Высокогорное Ладжанурское водохранилище на тракте переброски стока из р. Цхенисцхали в р. Риони в Грузинской ССР

Водохранилища интенсивно заносятся и заиливаются, что ведет к потере полезного объема и необходимости или проводить их очистку от наносов (в большинстве случаев нерациональную из-за чрезмерно больших затрат воды на гидравлическую промывку и средств на механическую уборку), или компенсировать этот объем за счет строительства новых водоемов. Водохранилища региона, как правило, срабатываются на большую глубину, что не благоприятствует развитию бентоса и планктона и не создает условий для достижения большой рыбопродуктивности.

Изменения наблюдаются и в русловом режиме рек ниже гидроузлов. Из-за уменьшения стока наносов в Каспийское



и Черное моря прекратилось поступление наносов на пляжи, и они стали размываться морскими волнами и течениями. Такие явления отмечены вблизи устьев рек Куры, Ингури, Риони и др.

В регионе есть еще большие возможности для расширения орошаемых площадей, особенно в предгорьях; велики неиспользованные гидроэнергоресурсы, и остается проблема уменьшения ущербов от наводнений. Поэтому здесь намечается в ближайшие десятилетия построить десятки гидроузлов с водохранилищами разных размеров, в том числе средних: на притоках Куры и Аракса — в основном для нужд орошения; в Западной и Центральной Грузии — преимущественно для гидроэнергетики (включая бассейны для ГАЭС); в Карпатах — для защиты от наводнений и целей гидроэнергетики; в Крыму — для водоснабжения курортов. Продолжится создание каскада водохранилищ комплексного назначения на Куре, Риони, Ингури, притоках Кубани, Терека, Аварском и Андийском Койсу.

6. ВОДОХРАНИЛИЩА ГОР СРЕДНЕЙ АЗИИ

Физико-географическая страна «Горы Средней Азии» охватывает Тянь-Шань, Памиро-Алай, Копетдаг и возвышенности Карабиль и Бадхыз. Здесь находятся Таджикская и Киргизская ССР, южные горные районы Казахской ССР, почти полностью обжитая и интенсивно используемая в сельском хозяйстве часть Узбекской ССР (кроме Бухарской, Хорезмской областей и Каракалпакской АССР) и пограничная горная часть Туркменской ССР, т. е. почти вся экономически наиболее развитая часть Среднеазиатского экономического района.

В регионе сосредоточена большая часть водохранилищ этого экономического района, за исключением нескольких крупных и средних водохранилищ (Тюямуюнского, Хаузханского, Копетдагского, Куюмазарского, Тудакульского, строящегося Зеидского в голове Каракумского канала). Кроме того, в регион входят предгорные и горные водохранилища Чимкентской, Джамбулской, Алма-Атинской и Талды-Курганской областей Казахской ССР — всего около 100 водохранилищ (ряд малых пока не учтен) суммарным объемом примерно 70 куб. км и площадью зеркала 4 тыс. кв. км.

Народнохозяйственное значение водохранилищ определяется двумя видами

104. Байпазинский гидроузел и водохранилище на р. Вахш (Таджикская ССР)



использования — для орошения и гидроэнергетики, причем крупные водохранилища большей частью комплексные, а средние и небольшие — преимущественно для одной из указанных целей. Отдельные крупные водохранилища (Нурекское, Токтогульское) способствуют уменьшению ущерба от наводнений; есть также небольшие водохранилища, в основном для целей водоснабжения. Все более или менее крупные водохранилища созданы в последние 30—35 лет.

Водохранилища гор Средней Азии относятся к разным типам по способу образования; большинство из них — долинные, но много здесь и наливных водохранилищ (самые крупные — Каттакурганское — 0,9 куб. км, Каркиданское, Учкурганское, Тедженские); в отдельных случаях емкость естественного понижения увеличивается сооружением дамбы обвалования. Преобладают водохранилища простой формы — узкие, длинные, нередко извилистые водоемы с небольшими заливами в устьях ручьев и оврагов (саев); таковы Нурекское, Курпсайское, Ташкумырское, Байпазинское (рис. 104), Сарыязинское, Куртинское. Имеются водохранилища озерной (котловинной) формы — Кайраккум-



105. Крутые скалистые берега Чарвакского водохранилища на р. Чаткал (Узбекская ССР)

106. Водохранилище Головной ГЭС в Вахшском каскаде (Таджикская ССР)





ское, Орто-Токойское, Кургантепинское, Бугуньское, Алтынкульское, Учкызылское. Есть водохранилища и более сложной формы. Токтогульское водохранилище состоит из узкого долинного участка непосредственно выше плотины и удлиненного озеровидного расширения (до 12 км шириной) в Кетмень-Тюбинской котловине. Наливное Каттакурганское водохранилище состоит из двух плесов с большим числом узких, длинных заливов; у Чарвакского водохранилища — большой залив в долине р. Пскем.

Параметры, режим и особенности взаимодействия водохранилищ гор Средней Азии с окружающей средой во многом аналогичны водохранилищам Кавказа. Но есть и несколько крупных и очень крупных горных водохранилищ, каких на Кавказе только одно. Это объясняется большей высотой и расчлененностью Тянь-Шаня и Памира и большой многоводностью рек Нарына, Вахша, Пянджа по сравнению с горными реками Кавказа. К таким крупным водохранилищам относятся Нурекское (полный объем — 10,5 куб. км; подпор 300 м), строящееся Рогунское (11,8 куб. км; 305 м), Токтогульское (19,5 куб. км; 180 м), Чарвакское (2,0 куб. км; 170 м).

Воздействие большинства водохранилищ региона на прилегающие территории в силу крутизны склонов и высокой прочности и водонепроницаемости слагающих их пород ограничивается узкой полосой; крупных оползневых процессов, вызванных созданием среднеазиатских горных водохранилищ, не было. Берега из прочных пород практически не размываются (рис. 105, 106). Отмечено усиление сейсмической активности вследствие наполнения крупных водохранилищ, например Нурекского (Водохранилища мира, 1979). Как и на Кавказе, характерно занесение и заиление водохранилищ и изменение режима твердо-

го стока в нижних бьефах гидроузлов.

Более заметно воздействие на прибрежные территории водохранилищ, расположенных на равнинных участках рек. На побережье Кайраккумского водохранилища произошло, например, подтопление ряда участков, потребовавшее проведения дренажных работ. Вследствие мелководности и хорошей прогреваемости это водохранилище интенсивно зарастает, что усиливает его заиление.

Горные водохранилища бедны биогенными элементами, холодноводны, значительно срабатываются, почти не имеют мелководий, поэтому их биологическая продуктивность низка; почти все они не имеют рыбохозяйственного значения. Более благоприятны для развития гидробионтов предгорные ирригационные водохранилища в Каршинской степи, Ферганской долине, на юге Казахстана, но сработка их почти до дна не способствует их высокой биологической продуктивности.

В связи с большими неиспользованными гидроэнергоресурсами (реки Нарын, Сусамыр, Чаткал, Пскем, Пяндж и др.) можно ожидать в регионе создания ряда высоконапорных гидроузлов с водохранилищами различной емкости. Имеется необходимость также в регулировании стока ряда небольших рек и ручьев в целях обеспечения водой местных ирригационных систем.

7. ВОДОХРАНИЛИЩА ПРИКАСПИЙСКО-ТУРАНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ И КАЗАХСКОГО МЕЛКОСОПОЧНИКА

Эта физико-географическая страна охватывает часть территории Северного Кавказа (север Дагестана), Нижнее Поволжье (Калмыцкая АССР, Астраханская область, крайний юг Волгоградской и Саратовской областей), почти весь Казахстан (кроме Северо-Казахстанской, Павлодарской, Восточно-Казахстанской и горных частей Чимкентской, Джамбулской, Алма-Атинской и Талды-Курганской областей).

Рельеф Прикаспийской и Туранской низменностей в основном равнинный или холмистый, в отдельных районах — на западе Туркмении, на полуострове Мангышлак, в Мугоджарах, в районе Казахского мелкосопочника — абсолютные отметки выше и рельеф более расчлененный. Климат континентальный, увлажнение территории незначительное. Поэтому реки, кроме транзитных (Иртыш, Урал, низовья Амударьи и Сырдарьи, Чу, Или), маловодны, с резко выраженным весенним половодьем. Летом, осенью и зимой расходы в реках резко уменьшаются, многие из них пересыхают. В регионе много бессточных соленых озер, в которые впадают местные реки и временные водотоки.

Количество имеющихся водохранилищ (примерно 150) для такого крупного региона следует считать небольшим; расположены они неравномерно, с концентрацией в низовьях Волги и Терека, на реках Большой и Малый Узень, на юге вдоль Каракумского канала и, главное, в Казахском мелкосопочнике; по нескольку водохранилищ есть на притоках Урала, вблизи Бухары и Алма-Аты.

Суммарный объем водохранилищ примерно 57 куб. км, площадь зеркала — 7,3 тыс. кв. км, причем большая часть их приходится на три крупных водохранилища, построенных на больших реках (Капчагайское, Чардаринское, Тюямуюнское суммарным объемом 41 куб. км и площадью зеркала 3,5 тыс. кв. км). Среди остальных водохранилищ есть еще два крупных — Талимарджанское (1,5 куб. км), Зеидское (3 куб. км) и около 20 средних (Хаузханское, Копетдагское, Куюмазарское, Чограйское, Верхнетобольское, Каратомарское, Сергеевское, Вячеславское, Экибастузское, Карагандинское и др.).

Водохранилища региона используются для двух основных целей: водоснабжения (особенно в Казахском мелкосопочнике с его многочисленными горнодобывающими, металлургическими и другими предприятиями) и для орошения земель. Для водоснабжения Карагандинской и Джезказганской областей и Экибастузского энергокомплекса построен канал Иртыш—Караганда с более чем 10 водохранилищами, а также водохранилища Карагандинское на Нуре, Шерубай-Нуринское, Кенгирское, Шидертинское и др. Водохранилища на реках Тобол и Ишим обеспечивают водоснабжение горнодобывающих предприятий и ряда городов, в том числе

Целинограда, Кустаная, Кокчетава, а также группы совхозов; Каргалинское снабжает водой г. Актюбинск, водохранилища на Каракумском канале — города Южной Туркмении.

Водохранилища более южных районов служат в основном для ирригации. Особенно важную роль играют Хаузханское водохранилище и каскад водоемов на р. Мургаб в Туркмении, Талимарджанское, Куюмазарское и Тюямуюнское водохранилища в Узбекистане, Чардаринское и многие небольшие по объему в Казахстане. В перспективе будет велика ирригационная роль Капчагайского, Зеидского, Тудакульского водохранилищ. Подача воды на орошение осуществляется и из многих других водохранилищ, в том числе водоснабженческих (на канале Иртыш — Караганда), рыботоварных (в дельте Терека); задача водохранилищ на реках Большой и Малый Узень, Кушум и др. — лиманное орошение.

Ряд водохранилищ имеют определенное рыбохозяйственное значение, например Аракумское, Каракольское, Нижнетерское в дельте Терека, Капчагайское, Хаузханское, некоторые озерные водохранилища Центрального Казахстана. Значительна их роль и в местной рекреации. В этом отношении выделяется Капчагайское водохранилище на р. Или, поскольку оно расположено сравнительно недалеко от Алма-Аты, и Карагандинское водохранилище (города Караганда и Темиртау). Для гидроэнергетических целей используются несколько водохранилищ — Капчагайское, Тюямуюнское, небольшие водохранилища в нижнем течении Мургаба, созданные в самом начале XX в.; они положили начало строительству водохранилищ в Средней Азии.

Водохранилища региона относятся к разным генетическим типам — долинным, озерным, наливным. Несколько озер-водохранилищ создано в котловинах бессточных озер Казахского мелкосопочника (Бота-кара, Селетинское и др.), Южного Казахстана (Акколь) и дельтовых озер на Тереке; следует отметить, что природное состояние последних пока неудовлетворительное, они сильно обмелели, заросли камышом, и требуется их реконструкция.

Наливных водохралищ больше всего в дельте Волги, где в последние годы в водохранилища превращены многие займища (с подачей воды из рукавов дельты), также в Южной Туркмении и Узбекистане и почти все водоемы на трассе канала Иртыш — Караганда (включая Карагандинское, Актастинское, к которым имеется и небольшой естественный приток).

В соответствии с разнообразием генетических типов, рельефа и других факторов морфометрические показатели водохранилищ региона неодинаковы, что видно из данных табл. VII-4. Воздействие большинства водохранилищ на окружающую среду следует оценить как весьма незначительное. Лишь более крупные из них внесли заметные изменения в природу. Примером может служить Капчагайское водохранилище. Регулирование им стока стало вызывать осушение дельты р. Или — сокращение площади лугов и тростниковых зарослей, где было большое поголовье ондатры, имелись нерестилища рыб. Потери воды на первоначальное заполнение водохранилища и на дополнительное испарение могли бы вызвать нежелательные изменения также в режиме западной распресненной части оз. Балхаш. Чтобы ослабить такие последствия, наполнение водохранилища стали проводить очень медленными темпами, с осуществлением специальных весенних попусков в дельту р. Или.

Создание Чардаринского водохранилища в совокупности с большим безвозвратным водопотреблением в бассейне Сырдарьи привело к аналогичным процессам в ее дельте. Ввиду дефицита воды в регионе компенсационные попуски для обводнения дельты Сырдарьи проводились лишь в первые годы; в дальнейшем от них отказались, тем более что несколько лет подряд в бассейне Сырдарьи сток был ниже среднего.

Водохранилища на многих реках (Нура, Ишим, Тобол, Кенгир и др.) благодаря санитарным попускам улучшили водный режим в меженный период (прежде они сильно засолялись, пересыхали и т. д.). Появление постоянного тока воды в таких реках и наличие самих водохранилищ с пресной водой бла-

готворно влияет на условия обитания копытных животных (сайгаков, джейранов и др.) и способствует привлечению водоплавающих птиц; многие водохранилища стали местом остановок перелетных птиц.

Возможности для создания новых водохранилищ в рассматриваемом регионе весьма ограниченны, так как многие реки уже зарегулированы, а на других созданию водохранилищ мешает интенсивное использование речных долин. Имеются планы создания небольшого числа новых водохранилищ на некоторых притоках Балхаша, Иртыша, Тобола, Урала.

8. ВОДОХРАНИЛИЩА УРАЛА

Физико-географическая страна Урал охватывает горные части Пермской, Свердловской, Челябинской, Оренбургской и Тюменской областей, Башкирской и Коми АССР, а также возвышенную часть Актюбинской области Казахской ССР. Поскольку в уральской части Коми АССР и Тюменской области водохранилищ нет, а в Актюбинской — всего одно водохранилище, можно считать, что водохранилища располагаются в горной части Уральского и Поволжского экономических районов.

Создание водохранилищ началось на Урале еще в конце XVII в. (Невьяновское) и продолжалось в течение XVIII и XIX вв.; в советский период создано меньше водохранилищ, чем было, но они относятся к самым большим в регионе — Ириклинское, Аргазинское, Широковское, Верхнеуральское, Магнитогорское, Белоярское, Волчихинское.

В настоящее время на горном Урале имеется около 200 водохранилищ суммарным полным объемом 12 куб. км и площадью зеркала 1,5 тыс. кв. км. Средние параметры водохранилищ невелики (60 млн. куб. м и 7,4 кв. км), да и самое большое — Ириклинское — водохранилище не очень значительно (2,6 куб. км и 260 кв. км).

Создание водохранилищ вначале преследовало цель обеспечить механической энергией и водой горнодобывающую, металлургическую и металлообрабатывающую промышленность. И в настоящее время большинство водохранилищ обеспечивает водой промышленность и население. Некоторые водохранилища (Волчихинское, Нязепетровское) построены для подачи воды из бассейнов рек Чусовой и Уфы на восточный склон, где наблюдается дефицит воды.

Несколько водохранилищ используется для охлаждения агрегатов мощных тепловых и атомных электростанций (Белоярское, Рефтинское, Южноуральское, Троицкое, Аргаяшское, Вогульское, Исетское, Нижнетуринское, Ириклинское и др.); общая мощность этих электростанций составляет более 10 млн. кВт. Гидростанции не играют существенной роли в использовании водохранилищ Урала — их суммарная мощность меньше 100 МВт. Верхнеуральское и Ириклинское водохранилища сыграли большую роль в уменьшении наводнений в районе г. Орска. Они же, как и ряд малых водохранилищ юга Урала, используются для орошения земель. Большинство водохранилищ служит местом массового отдыха населения. Рекреационному использованию водохранилищ способствуют их живописность, наличие рыбы, близость многих из них к городам и поселкам, густая сеть дорог и т. п.

Почти все водохранилища Урала относятся к долинному типу. Лишь несколько из них созданы путем подпора озер — Аргазинское, Зюраткульское, Аргаяшское, Аятское, Исетское. Горный или холмистый рельеф обусловливает умеренные размеры водохранилищ. Если не считать самых крупных — Ириклинского (длина — 70 км, максимальная ширина — 8 км) и Аргазинского (соответственно — 25 км и 5 км), то остальные водохранилища площадью каждое не более 75 кв. км имеют длину 15—35 км и ширину до 1,5—4 км.

Воздействие водохранилищ на природу в связи с длительным сроком существования большинства из них в настоящее время практически незаметно, так как процессы переформирования и подтопления берегов стабилизировались, в водоемах сформировался приспособленный к их режиму растительный и животный мир, в целом не очень богатый (включая ихтиофауну); богаче мелководные водохранилища предгорий и равнин.

Как и в других интенсивно освоенных регионах, на Урале остро стоит вопрос о предотвращении евтрофирования водохранилищ, в первую очередь за счет лучшей очистки сточных вод.

Перспективы создания новых водохранилищ на Урале в целом можно оценить как скромные, поскольку на основных реках уже имеются каскады водохранилищ. Можно ожидать регулирования стока ряда малых горных рек, некоторых более крупных рек на севере Центрального Урала, а в более отдаленной перспективе — создания водохранилищ на притоках Печоры, Верхней Камы и Нижней Оби.

9. ВОДОХРАНИЛИЩА СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

Здесь располагаются следующие физико-географические страны — Сибирь, Дальний Северо-Восток, Камчатско-Курильская страна, часть Приморско-Корейской страны и небольшая часть равнин Центральной Азии. По экономическому районированию здесь размещаются восточная равнинная часть Уральского экономического района, север (Северо-Казахстанская и Павлодарская области) и восток (Восточно-Казахстанская область) Казахстанского района, Западно-Сибирский, Восточно-Сибирский, Дальневосточный экономические районы.

Сибирская страна состоит из весьма разнородных областей — равнинной, почти плоской Западной Сибири, плоскогорных районов Центральной Сибири и Севера Средней Сибири, Северо-Сибирской низменности, горных областей Алтая и Саян, Прибайкалья и Забайкалья, Северо-Востока Сибири и равнинной Центральной Якутии. Рельеф притихоокеанских стран более однородный, гористый, с небольшими низменностями.

Создание водохранилищ началось здесь в период первых пятилеток в целях водоснабжения отдельных городов и промышленных предприятий (Мало-Ульбинское на Алтае, Камышевское и Егоршинское в Зауралье, Седомское вблизи Владивостока, Корсаковское на Сахалине); для рыбного хозяйства был зарегулирован режим нескольких озер в низовьях р. Бурлы (Алтайский край). В первое послевоенное десятилетие продолжалось строительство малых водохранилищ для водоснабжения тепловых электростанций — Барабинского, Долговского (вблизи Норильска), Райчихинского, Сучанского, а также для малой гидроэнергетики — Мигнитского в Шушенском районе, Полежаевского вблизи г. Черемхова и др.

Этап массового создания крупных гидроэнергетических водохранилищ начался в 50-х годах (Новосибирское, Иркутское) и продолжается до настоящего времени. Построены Красноярская, Братская (рис. 107), Усть-Илимская, Саяно-Шушенская, Хантайская, Вилюйская, Зейская, Колымская ГЭС и строятся Богучанская, Бурейская, Курейская ГЭС с крупными водохранилищами, а также ГЭС с водохранилищами меньшего объема — Вилюйская-3, Мамаканская, Майнская, Катуньская. Одновременно создавались водохранилища и для других целей. Самое крупное из них — Крапивинское — для улучшения качества воды р. Томи в меженные периоды с попутной выработкой электроэнергии. Остальные водохранилища, преимущественно малые и небольшие, реже средние предназначены для водоснабжения городов и районов: Владивостока — Лянчихенское; Кузбасса — Кара-Чумышское; Рубцовска — Склюихинское; теплоэлектростанций — Беловское, Сургутское, Билибинское, Приморское и отдельных предприятий — Ireляхское у Мирного, Нежданкинское в районе г. Дальнегорска, Рассыпухинское у г. Железногорска и др. Стали появляться также водохранилища ирригационного назначения — Сосновое, Красное, Сагана-Нурское в Хакасии, Гилевское на Алтае и др.

Всего в регионе в настоящее время имеется и строится около 80 водохранилищ суммарным полным объемом 620 куб. км, полезным — 280 куб. км и площадью зеркала 60 тыс. кв. км; из указанной площади около 35 тыс. кв. км — это площадь озер Байкала, Зайсана и Хантайского. По экономическим районам водохранилища распределены сравнительно равномерно: 32 — в Западной Сибири, 22 — в Восточной Сибири и 18 — на Дальнем Востоке, лишь в

107. Братское водохранилище на Ангаре



Восточном Казахстане их немного — 4.

Водохранилища региона преимущественно долинного типа, созданные путем подпора рек на высоту до 220 м (Саянское). Вместе с тем здесь созданы уникальное Иркутское (Байкальское) озеро-водохранилище путем подпора 60-километрового участка Ангары (у плотины — на 30 м) и подъема среднемноголетнего уровня озера Байкал на 1 м, крупное Хантайское водохранилище, включившее в себя Хантайское озеро, а также несколько средних и небольших озер-водохранилищ — Больше-Топольненское, Хорошенское, Песчановское и другие на Бурле, Мало-Сартланское; есть и несколько наливных ирригационных водохранилищ (в Хакасии).

В регионе сосредоточено большинство очень крупных и крупнейших водохранилищ страны, что обусловлено их созданием на многоводных реках. Долины этих рек более узкие и глубокие, чем на равнинных реках ЕТС, и менее плотно заселены, слабее освоены, что дает возможность строить высокие плотины и создавать очень емкие водохранилища, позволяющие осуществлять многолетнее и сезонное регулирование стока рек. Такое глубокое регулирование очень важно ввиду необходимости обеспечить надежное энергоснабжение потребителей в условиях большого удельного веса гидроэлектростанций в энергосистемах.

Гористый характер рельефа большей части территории региона обусловливает создание водохранилищ со сравнительно низкими показателями затопления земель на единицу напора и мощности гидроэлектростанций. Так, Братское и Бухтарминское водохра-

нилища, имея примерно такую же площадь, как Куйбышевское, создают напор соответственно в 4 и 2,5 раза больший, а Красноярское, Усть-Илимское, Зейское, Хантайское имеют подпор у плотины в 4—6 раз больше, чем у примерно равных им по площади Саратовского, Каховского, Кременчугского, Чебоксарского и Нижнекамского водохранилищ. В связи с большой величиной подпора (от 220 м у Саянского до 50—105 м у остальных крупных водохранилищ, за исключением равнинного Новосибирского) длина их, как правило, значительна — от 565 км у Братского, 350—470 км у Красноярского, Богучанского, Бухтарминского, Вилюйского до 150 км у Колымского, Хантайского и Крапивинского.

Максимальная ширина некоторых сибирских водохранилищ (до 15—33 км), примерно такая же, как и у крупных равнинных, но в среднем они более узкие: средняя ширина Бурейского, Саянского, Красноярского, Колымского, Усть-Илимского составляет 2,2—3,5 км, остальных — не более 9—11 км, не считая наиболее широкого (из-за включения озера Зайсан) Бухтарминского водохранилища. Байкальское водохранилище следует рассматривать особо из-за включения в его состав одного из крупнейших озер мира по площади и самого крупного по объему. Его протяженность составляет 636 км, наибольшая ширина — 79 км, средняя ширина — 48 км; кроме того, в него входит участок р. Ангары длиной более 60 км и средней шириной 3,5 км.

В силу больших размеров (площади и объема водной массы) крупные сибирские водохранилища оказывают существенное влияние на окружающую среду; оно усиливается тем, что на некоторых реках (Ангара, Енисей) создаются непрерывные каскады водохранилищ (рис. 108). Это влияние имеет специфические особенности по сравнению с равнинными водохранилищами (Авакян, Шарапов, 1977; Вендров, 1979).

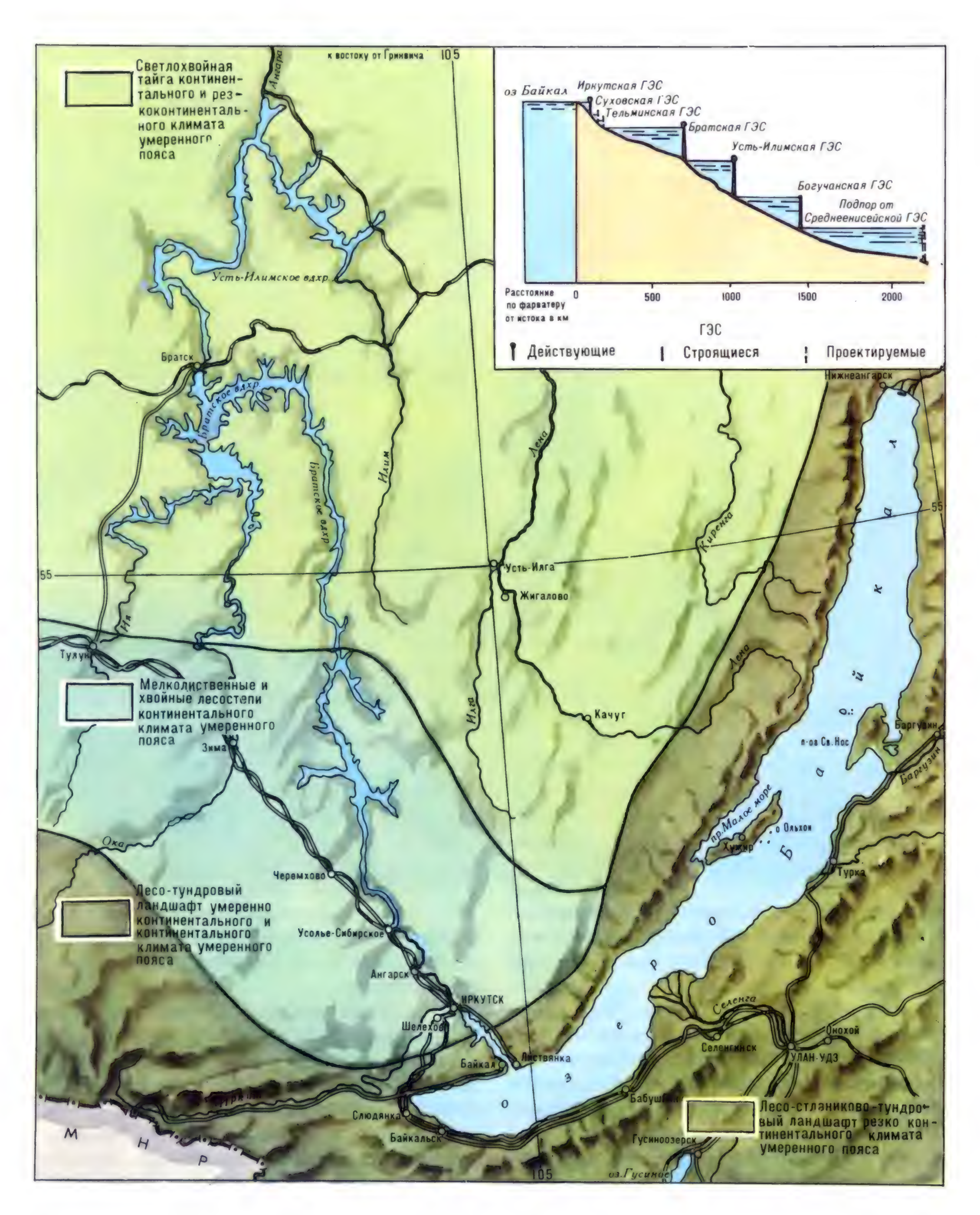
Изменения гидрологического режима в связи с глубоким регулированием стока, большим подъемом уровней и т. д. значительны и разнообразны как в верхних, так и в нижних бьефах гидроузлов. В связи с тем что ряд водохранилищ имеет большую длину при малой ширине, на них преобладает стоковое течение вниз по реке. Волновой режим в них более спокойный, чем на равнинах, поскольку долины окружены горами или уступами плоскогорий, разгон ветра меньше. Большая водная масса водохранилищ вызывает более существенный сдвиг сроков замерзания и вскрытия водохранилищ. Для Сибири характерно также широкое развитие в верховых частях водохранилищ зажорных и заторных явлений (Готлиб и др., 1976).

Существенные изменения гидрологического режима происходят ниже крупных водохранилищ — уменьшилась высота половодий (кое-где они почти прекратились), заметно увеличился меженный сток. Минимальные изменения произошли на Верхней Ангаре, зарегулированной и прежде оз. Байкал. Поступление зимой в нижние бьефы более теплой, чем в реке, воды из водохранилищ привело к образованию незамерзающих участков — полыней протяженностью в десятки и сотни (ниже Красноярской ГЭС) километров. Усилилось образование зажоров и заторов.

Влияние крупных водохранилищ сказывается на термическом режиме и нижележащих водохранилищ; так, летом значительно снизилась температура воды в относительно небольшом Усть-Каменогорском водохранилище (0,65 куб. км) из-за поступления не успевшей прогреться воды из Бухтарминского водохранилища.

Меньшая, чем на равнинных водохранилищах, высота волн и прочные породы берегов на ряде участков обусловливают относительно небольшие размеры переформирования берегов. Но там, где имеются рыхлые породы, ширина полосы размыва достигает иногда очень большой величины (на Братском — до 600—700 м); размыву берегов способствует оттаивание вечной мерзлоты, как это наблюдается на Вилюйском и Колымском водохранилищах. Подтопление берегов в целом незначительно на участках с водоупорными породами, но кое-где распространяется на километры. Изменения метеорологических условий носят такой же ха-

108. Продольный профиль и схема каскада ГЭС и водохранилищ на Ангаре



рактер, как и на равнинных водохранилищах, но из-за большого запаса тепла в огромных водных массах они проявляются иногда более заметно, чем на равнинах. Из-за большой высоты берегов долин пределы распространения климатического влияния водохранилищ меньше, чем на равнинах.

Более существенными оказались изменения микроклимата в нижних бьефах, поскольку летом холодная вода из водохранилищ охлаждает воздух в долине, а зимой наличие полыньи приводит к увеличению температуры и влажности воздуха, что способствует образованию туманов. Эти изменения носят в основ-

ном отрицательный характер, периодически осложняя условия жизни людей в прибрежной полосе, как это наблюдается, например, в Красноярске (Макаров, 1969).

Воздействие водохранилищ на объекты социально-экономической сферы более значительно, поскольку именно в речных долинах в большинстве районов сосредоточены сельскохозяйственные угодья, населенные пункты и пути сообщения. Поэтому при создании таких водохранилищ, как Братское, Красноярское, Крапивинское, Байкальское (в речной части), Богучанское, пришлось переселить много жителей, восстановить тысячи жилищно-коммунальных и производственных объектов, построить тысячи километров автодорог и около 200 км новых железных дорог взамен затопленных участков (на Братском и Байкальском водохранилищах).

Как указывалось выше, уникально во многих отношениях Байкальское озеро-водохранилище, что определяется прежде всего огромной глубиной, объемом и площадью самого озера, наличием в нем ряда эндемичных видов флоры и фауны, а также красотой его ландшафтов. Подпор озера не вызвал существенных изменений в его гидрологическом и гидробиологическом режимах. Гораздо большая опасность заключается в росте антропогенного загрязнения воды в озере в результате строительства предприятий на его берегах и водосборном бассейне; главным из них стал Байкальский целлюлозный комбинат. В настоящее время в соответствии с постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР* принимается ряд мер, чтобы сохранить уникальную природу озера, в том числе чистоту его вод. Вокруг озера установлена водоохранная зона, улучшается очистка промышленных и бытовых сточных вод, усиливается охрана нерпы, омуля и других представителей животного мира, ограничена заготовка древесины.

Братское водохранилище — самое большое по полному объему долинное водохранилище мира. Для него характерна очень сложная конфигурация (широкий плес в месте слияния Ангары и Оки, очень длинные извилистые заливы по Оке и Ие и менее длинные по другим притокам). Водохранилище имеет большое значение не только для энергетики, но и для судоходства и лесосплава в нижнем течении Ангары и в среднем течении Енисея (специальные попуски), а также для водоснабжения (Братский промышленный комплекс).

Усть-Илимское водохранилище (рис. 109) характерно наличием длинного залива по р. Илим. Оно также снабжает водой крупные предприятия по переработке древесины и добыче железной руды.

Красноярское водохранилище отличается более широкой верхней частью (здесь начинается Минусинская котловина); расположенные рядом города Абакан и Усть-Абакан защищены от влияния водохранилища и паводковых вод р. Абакан системой дамб обвалования, насосных станций, дренажных коллекторов. На Красноярском гидроузле введен в эксплуатацию уникальный судоподъемник для пропуска судов через плотину.

Саянское водохранилище, обеспечивающее работу самой мощной в стране Саяно-Шушенской ГЭС, располагается в Саянских горах; его акватория очень извилиста и окружена высокими горами; берега почти не населены, и лишь в самом верховье сооружается новый город Шагонар взамен подлежащего затоплению небольшого поселка. Для выравнивания очень неравномерных в течение суток сбросов гидроэлектростанции ниже сооружено Майнское водохранилище.

Для северных водохранилищ — Хантайского (гидроэлектростанция снабжает энергией Норильский промышленный узел), Вилюйского (ГЭС обеспечивает энергией алмазные рудники и другие предприятия), Колымского — характерны специфическая интенсивная переработка берегов из-за оттаивания многолетней мерзлоты и других природных особенностей, а также расположение в практически не заселенных местностях.

Зейское и строящееся Бурейское водохранилища имеют помимо энергетического огромное противопаводковое

* Решения партии и правительства по хозяйственным вопросам. Т. 8. М., 1972. С. 480—482.

109. Усть-Илимское водохранилище на р. Ангаре



значение. Благодаря созданию Зейского водохранилища резко сократились частота и высота наводнений, освоено 75 тыс. га новых плодородных земель, улучшились условия использования существующих сельскохозяйственных угодий, а также заметно уменьшились прямые и косвенные ущербы от наводнений в долине Зеи и частично Амура (Авакян, Шарапов, 1977; Макаров, Воробьев, 1976).

Важное значение имеет единственное в регионе крупное равнинное водохранилище — Новосибирское. Оно улучшило энергоснабжение района, водоснабжение Новосибирска, условия судоходства на Оби, начинает использоваться для орошения земель. Огромно его рекреационное значение для населения Новосибирска. Как и на других равнинных водохранилищах, наблюдаются постоянная переработка берегов, их подтопление, ухудшение условий самоочищения воды, для борьбы с которыми приходится проводить ряд мероприятий. Одним из таких мероприятий был намыв пляжа в целях защиты берега у Академгородка, который стал также местом отдыха.

Перспективы создания водохранилищ в регионе весьма значительны. Будет продолжено освоение крупных гидроэнергоресурсов сибирских и дальневосточных рек. Запроектировано создание крупного Среднеенисейского водохранилища, ряда водохранилищ в верховьях Енисея и на его притоках в Саянах,

ВОДОХРАНИЛИЩА ЗАРУБЕЖНОЙ ЕВРОПЫ

предполагается создание огромного Туруханского водохранилища на Нижней Тунгуске с гидроэлектростанцией мощностью до 20 млн. кВт и других водохранилищ в бассейне Енисея. Имеются предложения по дальнейшему использованию гидроресурсов в бассейне Лены (в первую очередь ее притоков — Витима, Олекмы, Алдана и др.), Колымы, некоторых притоков Амура (Бурея, Селемджа, Иман и др.). Продолжится (вслед за начатым строительством Катунского водохранилища) использование гидроресурсов верховьев Оби и Иртыша (в Казахстане). Имеются предложения о строительстве гидроэлектростанций для энергоснабжения отдельных удаленных промышленных предприятий, например на р. Адыче, притоке Яны, на некоторых реках Чукотского полуострова и др.

Конечно, будут создаваться небольшие и средние водохранилища для водоснабжения городов, поселков, тепловых электростанций (особенно в Канско-Ачинском теплоэнергетическом комплексе) и в Западной Сибири, для орошения земель в степной зоне Западной Сибири, в Хакасии, Забайкалье и т. п.

1. ДИНАМИКА СОЗДАНИЯ, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И РАЗМЕЩЕНИЕ ВОДОХРАНИЛИЩ

Европа сильно расчленена внутренними морями, через которые влияние океана проникает далеко в глубь материка. Результат вертикального расчленения — высотные климатические пояса, особенно хорошо выраженные в Альпах; частое чередование гор и равнин приводит к мозаичности климата.

Европа в целом хорошо обеспечена атмосферными осадками; в приморских районах и в горах выпадает больше 1000 мм/год, на значительной части материка — 600—1000, на придунайских равнинах — 400—600 мм/год, на юго-востоке Испании, на востоке Балканского полуострова, во внутренних районах Скандинавии осадков менее 400 мм.

Европа имеет густую гидрографическую сеть, однако здесь нет условий для образования особо крупных рек. Самая длинная река — Дунай (длина — 2860 км, площадь бассейна — 817 тыс. кв. км); остальные реки значительно короче: Рейн — 1320 км, Эльба — 1165 км, Висла — 1068 км, Луара — 1020 км, Тахо — 1007 км, Эбро, Маас, Одра, Рона, Сена и др. — менее 1000 км.

Особенности подстилающей поверхности и режима осадков приводят к большим различиям в режиме стока рек. На севере Европы выделяются норвежский, шведский и финский типы рек, в зоне с теплым летом — атлантический, польский, герцинский, придунайский и альпийский типы, в зоне средиземноморского климата — средиземноморский тип. Крупные и многие средние реки имеют сложный режим стока, поскольку их бассейны располагаются в пределах нескольких климатических областей (Черногаева, 1971).

В отдельных районах Европы — в Финляндии, Скандинавии, Шотландии, Дании, Альпах — много озер. По происхождению они самые различные — ледниковые, моренные, каровые, тектонические, вулканические, карстовые, пойменные. Они широко используются в хозяйственных целях, для питьевого водоснабжения и отдыха населения. Большое регулирующее влияние озер на речной сток во многих случаях увеличено



110. Водохранилище Клинье в бассейне р. Требишница, образованное плотиной из каменной кладки (Югославия)

благодаря превращению их в водохранилища путем создания дополнительной полезной емкости в результате подпора плотинами или за счет более глубокой сработки имеющейся естественной емкости.

Сезонная и межгодовая неравномерность стока рек, неодинаковая обеспеченность стоком и осадками разных районов предопределили потребность регулирования стока рек путем создания водохранилищ. Они нужны для борьбы с наводнениями и для увеличения устойчивого меженного стока. Вместе с тем необходимость в них в зарубежной Европе вызывалась и социально-экономическими факторами.

В создании водохранилищ в Европе прежде всего было заинтересовано сельское хозяйство. Первые относительно большие ирригационные водохранилища строились в Испании в римский период, во II в. до. н. э., а затем и в средние века. Существенно расширились площади орошаемых земель в XIX в., тогда ирригационные водохранилища появились в Испании, Италии, на юге Франции. В Испании, например, в течение XIX в. было построено 15 новых ирригационных водохранилищ общим объемом 90 млн. куб. м (World Register..., 1976).

В средние века в зарубежной Европе сооружено много прудов и некоторое количество небольших водохранилищ для обеспечения механической энергией и водой развивающиеся ремесла и промышленность (помол зерна, лесопиление, откачка воды из шахт, приведение в движение молотов и мехов и т. п.). По мере развития хозяйства увеличивались размеры этих гидросиловых установок и водоемов при них.

Определенную роль в создании водохранилищ в некоторых государствах сыграло строительство судоходных каналов; например, еще в XVII в. во Франции построили Бриарский канал, связавший Сену с Луарой, и Южный канал, соединивший (через Гаронну) Средиземное море и Бискайский залив. Наибольшие водохранилища на этом канале — Сен-Перроль (7 млн. куб. м) и Сетон (23 млн. куб. м). Густая сеть каналов с небольшими водохранилищами с конца XVIII до начала XX в. построена в Англии, Бельгии, Нидерландах, на Северо-Германской и Польской низменностях (каналы Среднегерманский, Дортмунд—Эмс, Эмс—Везер, Одер—Хафель, Нотець — Висла и др.).

С конца прошлого века наступила новая эпоха в использовании энергии воды — строительство гидроэлектростанций (рис. 110). Если первые ГЭС имели небольшие водохранилища суточного регулирования, то затем необходимость в увеличении устойчивости электроснабжения привела к созданию водохранилищ сезонного и многолетнего регулирования, причем на все более крупных реках. Первые гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС) в Европе появились позже — в 20-х годах, но особенно интенсивно их начали строить в последние 10—15 лет в связи с быстрым ростом пиковых электронагрузок.

Еще большее число водохранилищ, преимущественно малых, появилось на

судоходных реках в результате их шлюзования, т. е. сооружения низконапорных плотин со шлюзами. На реках Майн, Везер, Мозель, Рейн, на Верхнем Дунае и др. такие водохранилища используются и для гидроэнергетики. В последнее время многие водохранилища широко используются для отдыха и спорта.

Как видно из данных табл. VIII-1, к началу нашего века в Европе было уже относительно много малых и небольших водохранилищ. Но в последующие десятилетия их создание шло значительно бо́льшими темпами. В Великобритании, Франции, Германии, Италии, Чехословакии интенсивный рост числа и объема водохранилищ начался в первые десятилетия XX в., а в странах, промышленное развитие которых началось позже (Испания, Португалия, Норвегия, Швеция, Финляндия, Польша, Болгария, Румыния, Югославия и др.), — в основном после второй мировой войны.

В зарубежной Европе в настоящее время имеется свыше 2,5 тыс. водохранилищ суммарным полным объемом 215—220 куб. км, полезным — примерно 170—180 куб. км (табл. VIII-2). Площадь водохранилищ оценивается нами в 10—12 тыс. кв. км, а с учетом крупных озер-водохранилищ (Веннерн, Инари, Сайма, Сатисъяуре, Юмиско, Пиелинен, Тунское, Бриенцское и др.) она составит не менее 30—32 тыс. кв. км, т. е. около 0,5% общей площади зарубежной Европы. Водохранилища есть практически во всех странах Европы. Наибольший удельный вес в их суммарном объеме приходится на страны Южной Европы.

Таблица VIII-1

Динамика создания водохранилищ объемом более 1 млн. куб. м в зарубежной Европе (по данным World Register..., 1976)

Страны	Показатели на конец года[1]				
	1900	1920	1950	1965	1980[2]
Австрия	—	3/0,03	11/0,13	38/1,00	70/2,12
Албания	—	—	—	8/0,37	21/3,62
Бельгия	—	—	3/0,04	4/0,05	10/0,17
Болгария	—	—	4/0,10	56/3,46	82/5,84
Великобритания	77/0,29	116/0,60	172/1,60	260/4,28	297/5,13
Венгрия	—	—	2/0,01	3/0,15	5/0,89
Греция	2/0,01	2/0,01	3/0,04	10/7,04	12/10,76
Дания	—	—	—	3/0,01	3/0,01
Ирландия	2/0,01	2/0,01	7/0,80	11/0,91	14/0,94
Исландия	—	—	1/0,03	2/0,04	6/1,23
Испания	16/0,11	102/0,68	221/5,63	275/18,73	386/44,04
Италия	3/0,01	17/0,07	127/0,90	257/6,52	325/9,74
Люксембург	—	—	—	3/0,07	3/0,07
Нидерланды	—	—	2/6,02	5/6,37	12/10,43
Норвегия[3]	—	4/0,06	18/0,64	41/2,10	100/23,54
Польша	—	3/0,07	9/0,60	13/0,98	43/3,20
Португалия	—	—	10/0,34	42/3,24	58/9,68
Румыния	—	1/0,00	1/0,00	20/1,90	74/6,60
ФРГ	4/0,01	19/0,46	37/0,80	57/1,60	120/2,43
Финляндия	—	—	8/2,05	26/5,77	50/16,75
Франция	26/0,13	20/0,26	112/2,30	196/7,25	300/10,73
Чехословакия	4/0,05	13/0,08	27/0,68	63/2,78	100/4,57
Швейцария	1/0,00	3/0,06	30/0,80	60/2,61	81/4,05
Швеция[3]	—	3/0,65	16/3,55	54/6,85	80/20,94
Югославия	1/0,00	1/0,00	8/0,03	66/5,82	87/11,65
Итого	135/0,62	329/3,03	727/8,99	1 573/89,95	2 327/209,68

Примечания: [1] В числителе — количество водохранилищ, в знаменателе — полный объем, куб. км. [2] С учетом строящихся водохранилищ. [3] Не учтено большое количество построенных гидроузлов, по водохранилищам которых нет данных об объеме.

Таблица VIII-2

Суммарные показатели по водохранилищам зарубежной Европы, по данным World Register..., 1976 (1980 г. с учетом строящихся)

Страны	Показатели по водохранилищам[1]: объемом 1—99 млн. куб. м, колич.	объемом 1—99 млн. куб. м, полный объем, млн. куб. м	объемом 100—999 млн. куб. м, колич.	объемом 100—999 млн. куб. м, полный объем, млн. куб. м	объемом 1000 и более млн. куб. м, колич.	объемом 1000 и более млн. куб. м, полный объем, млн. куб. м	всего, колич.	всего, полный объем, млн. куб. м	Примерная площадь зеркала[2], кв. км
Австрия[3]	64	1 244	6	875	—	—	70	2 119	120
Албания	18	178	2	820	1	2 620	21	3 618	160
Бельгия	10	170	—	—	—	—	10	170	15
Болгария	63	1 002	19	4 836	—	—	82	5 838	390
Великобритания	293	3 090	11	2 436	—	—	304	5 526	600
Венгрия	3	60	2	826	—	—	5	886	160
ГДР[3]	106	714	4	646	—	—	110	1 360	160
Греция	4	110	5	2 655	3	7 994	12	10 759	235
Дания	3	10	—	—	—	—	3	10	5
Ирландия	11	138	3	803	—	—	14	941	100
Исландия	4	53	1	180	1	1 000	6	1 233	170
Испания	304	5 878	73	2 762	9	15 399	386	44 039	2 100
Италия	296	4 452	29	5 292	—	—	325	9 744	430
Люксембург	3	71	—	—	—	—	3	71	10
Нидерланды	8	331	2	1 225	2	8 900	12	10 456	520
Норвегия	58	1 483	36	12 728	6	9 330	100	23 541	...
Польша	96	850	14	2 771	—	—	110	3 621	600
Португалия	40	1 349	16	3 928	2	4 400	58	9 677	450
Румыния	63	918	9	1 897	2	3 780	74	6 595	360
Турция (европ. часть)	6	119	1	150	—	—	7	269	20
ФРГ[3]	112	1 222	8	1 203	—	—	120	2 425	210
Финляндия	37	1 002	7	1 575	6	14 168	50	16 745	1 170
Франция[3]	276	3 742	23	5 772	1	1 270	300	10 784	450
Чехословакия	89	1 147	11	3 427	—	—	100	4 574	350
Швейцария[3]	68	1 898	13	2 152	—	—	81	4 050	130
Швеция	48	808	28	10 165	4	9 970	80	20 943	...
Югославия	66	1 069	19	6 757	2	3 827	87	11 653	680
Итого	2 149	33 108	342	95 881	39	82 658	2 530	211 647	15 575

Примечания: [1] Кроме данных World Register of Dams (1976) учтены данные литературных источников, в том числе полностью по ГДР. [2] Данные о площади имеются не по всем водохранилищам, поэтому частично они определены расчетным путем; площадь озер не учтена. [3] По ряду стран, но особенно по ФРГ, Австрии, ГДР, Франции, Швейцарии, в Мировом регистре больших плотин не учитываются малые водохранилища каскадов низконапорных гидроузлов на ряде рек.

Вследствие большого разнообразия природных и экономических условий максимальные и средние размеры водохранилищ в разных странах неодинаковы (табл. VIII-3). В странах Северной Европы из-за меньшей сельскохозяйственной ценности земель и наличия большого числа озер имелась возможность создать относительно большие водохранилища; то же можно сказать и о ряде гористых районов Испании, Югославии, Греции и некоторых других стран.

Размещение водохранилищ в Европе (рис. 111) более равномерно, чем на других континентах. Здесь характерно многоцелевое использование водохранилищ; основное назначение большинства из них — обеспечение работы гидроэлектростанций, водоснабжение и ирригация (табл. VIII-4), причем роль последних водопотребителей непрерывно увеличивается.

Водохранилищ, осуществляющих многолетнее регулирование стока рек, мало, поскольку земля очень дефицитна, мно-

Таблица VIII-3

Удельные показатели по водохранилищам зарубежной Европы

Страны	Средний объем вдхр., млн. куб. м	Средняя площадь вдхр., кв. км	Удельный вес в итоге по Европе, %		Удельный вес (в %) в суммарном полном объеме водохранилищ емкостью, в млн. куб. м				
			колич.	полный объем	1—9,9	10—99	100—499	500—999	1000 и более
Австрия	30	1,7	3,0	1,1	5	54	41	—	—
Албания	182	7,6	0,8	1,7	2	4	7	16	71
Бельгия	17	1,5	0,4	0,1	9	81	—	—	—
Болгария[1]	72	4,8	3,5	2,8	2	15	71	12	—
Великобритания	18	2,0	12,8	2,6	13	43	44	—	—
Венгрия	177	32,0	0,2	0,4	0	6	18	76	—
ГДР[2]	30	4,8	1,5	0,5	8	35	57	—	—
Греция	897	15,6	0,6	5,1	0,1	1	11	14	74
Дания	3	1,6	0,1	0,0	100	—	—	—	—
Ирландия	67	...	0,6	0,4	2	13	85	—	—
Исландия	205	...	0,2	0,6	2	3	14	—	81
Испания	114	5,4	16,3	20,8	1	12	32	20	35
Италия	30	1,3	13,7	4,6	7	41	54	—	—
Люксембург	24	...	0,1	0,0	4	96	—	—	—
Нидерланды	1 288	43,3	0,3	4,9	—	2	—	12	86
Норвегия[1]	235	...	4,2	11,2	0,4	5,6	26	28	40
Польша	118	16,2	1,1	1,5	0,4	13	87	—	—
Португалия	167	7,8	2,5	4,6	0,4	12,6	27	14	46
Румыния	89	4,9	3,1	3,1	2	12	29	—	57
Турция (европ. часть)	38	...	0,3	0,1	2	42	56	—	—
ФРГ	20	1,8	5,1	1,2	10	40	50	—	—
Финляндия	335	10,4	2,1	7,9	...	5	6	4	85
Франция	36	1,5	12,5	5,1	6	29	10	13	12
Чехословакия	46	...	4,2	2,2	5	20	60	15	—
Швейцария	50	...	3,4	1,9	2	45	53	—	—
Швеция[1]	262	...	3,3	9,9	0,6	3	25	23	48
Югославия	134	7,8	3,7	5,5	1	8	28	30	33
Итого	89	4,0	100,0	100,0	3	13	30	15	39

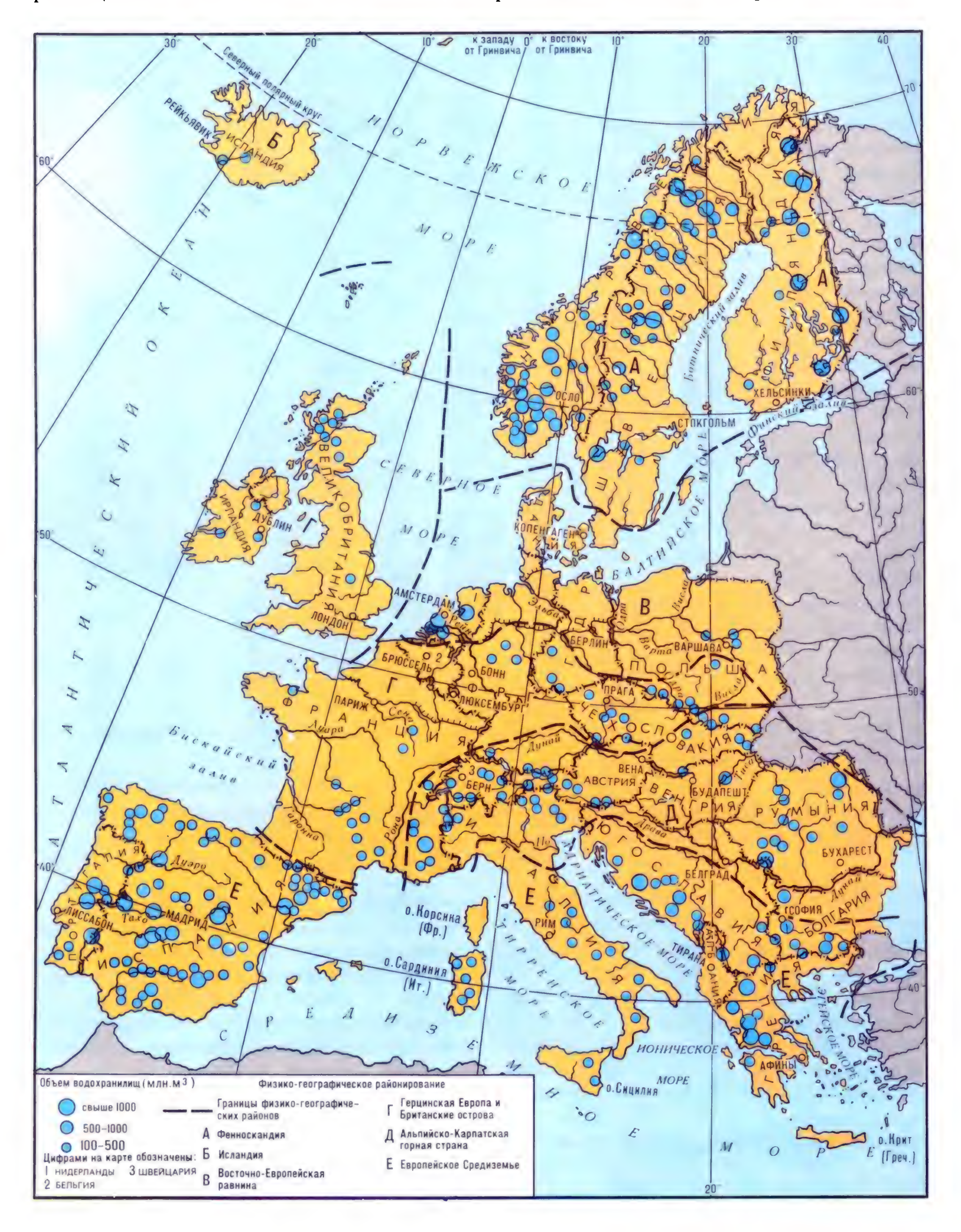
Примечания: [1] Данные неполные. [2] Не учтены водохранилища объемом до 5 млн. куб. м.

Таблица VIII-4

Основное назначение водохранилищ (по данным World Register ..., 1976)

	Регионы Европы				
	северный	западный и центральный	южный	восточный	всего
Гидроэнергетика	290	360	545	69	1 264
Ирригация	—	12	273	49	334
Коммунальное водоснабжение	10	266	100	29	405
Промышленное водоснабжение	1	8	44	22	75
Борьба с наводнениями	9	27	6	19	61
Судоходство	1	18	—	3	22
Рекреация	—	3	5	—	8
Рыбное хозяйство	—	—	12	—	12
Сохранение воды (для разных целей)	—	13	8	—	21
Итого	311	707	993	191	2 202

гие расположенные в речных долинах объекты имеют большую историческую, архитектурную, ландшафтную ценность. В Европе действуют более жесткие, чем в большинстве других регионов, критерии оценки затопляемых земель и объектов с экономических, природоохранных, культурно-эстетических и других позиций. Водохранилища сезонного регулирования находятся преимущественно в высокогорных, реже предгорных районах. Большинство сравнительно ем-



111. Водохранилища зарубежной Европы

ких водохранилищ создано подпором озер, особенно в Северной Европе, на севере Великобритании и в Швейцарии.

Многочисленные системы небольших водохранилищ осуществляют совместное компенсированное регулирование стока, что позволяет в ряде случаев отказаться от создания более крупных водохранилищ со значительными затоплениями.

Поскольку в зарубежной Европе преобладают малые, небольшие и средние водохранилища, то воздействие их на окружающую среду по сравнению с регионами, где много крупных и крупнейших водохранилищ, относительно небольшое. Один из важных показателей этого влияния — площадь затопления земель. В Европе, по ориентировочным подсчетам, водохранилищами затоплено не более 0,7—1,0 млн. га, т. е. существенно меньше, чем на других континентах. Невелики из-за небольшого размера водохранилищ масштабы подтопления прилегающих территорий, переформирования берегов, климатические изменения и т. п., а также изменения природных условий в нижних течениях большинства рек. Умеренными можно считать и нарушения в хозяйстве; из зон воздействия всех водохранилищ Европы переселено меньше жителей, чем из зон воздействия нескольких крупнейших водохранилищ мира.

2. ВОДОХРАНИЛИЩА СЕВЕРНОЙ ЕВРОПЫ

Водохранилища Северной Европы (Исландия, Норвегия, Швеция, Финляндия, Дания) созданы в основном для гидроэнергетики, главным образом в горных и предгорных районах. Водохранилища долинного типа имеют малую площадь, большую глубину, низкую биологическую продуктивность. Распространенные здесь озера-водохранилища крупнее долинных по объему и площади, их параметры определяются размерами подпруженных озер.

ВОДОХРАНИЛИЩА ИСЛАНДИИ

В этой стране эксплуатируется более полутора десятков гидроэлектростанций, часть из них использует энергию порожистых участков рек без создания водохранилищ. В 1945 г. было создано водохранилище Сфейдефос (31 млн. куб. м), в 70-х годах — водохранилища Тоурнсватн (1000 млн. куб. м) и Сигалда (180 млн. куб. м). В стране 6 водохранилищ суммарным объемом немногим более 1,3 куб. км. Водохранилища Исландии питаются в основном талыми водами ледников; существенна также роль и осадков.

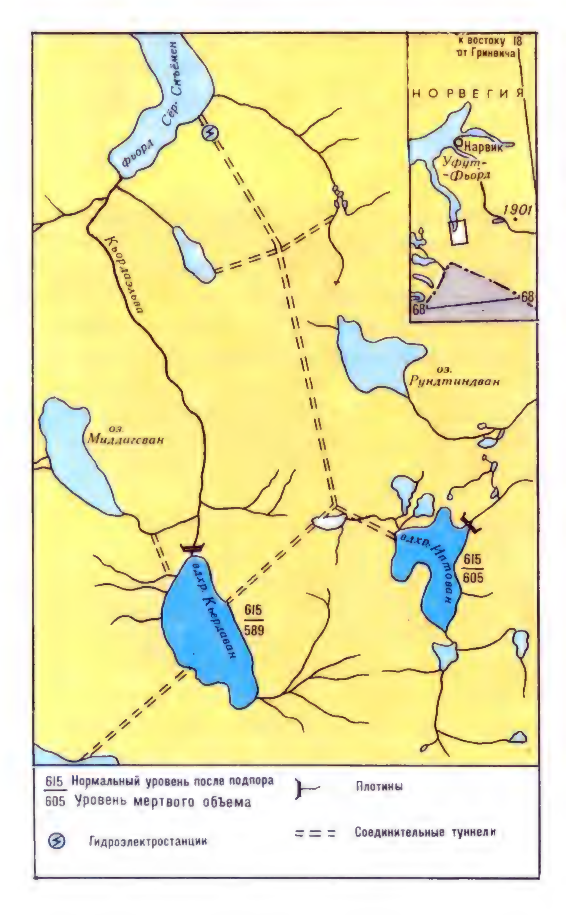
ВОДОХРАНИЛИЩА НОРВЕГИИ

Строительство плотин в Норвегии началось лишь в XX в. в целях гидроэнергетики; сейчас насчитывается более 1800 гидроэлектростанций мощностью более 1 МВт, в том числе 20 ГЭС мощностью более 50 МВт. Однако многие гидроэлектростанции используют энергию водопадов и порогов с помощью деривационных туннелей. Всего в Норвегии свыше 250 плотин. К сожалению, в литературе по многим параметрам водохранилищ нет данных.

Норвегия (кроме юго-восточной и северо-восточной частей) располагается в пределах Скандинавских гор. Здесь преобладают реки норвежского типа: небольшие, порожистые, многоводные и бурные, богатые гидроэнергией. Питаясь талыми водами горных ледников, снегов и дождями, реки имеют осенне-летний паводок и зимнюю межень.

Водохранилища западного склона невелики из-за небольшой длины и ширины долин рек; более значительны они лишь при очень большой высоте плотин и образовании в озерных котловинах. Примером таких крупных водохранилищ может служить озеро-водохранилище Рёсватн вблизи г. Му. Некоторые гидроэнергетические каскады имеют в своем составе несколько озер с большим или меньшим изменением их гидрологического режима (рис. 112). Многоводность рек приводит к большой проточности водохранилищ, что благоприятно сказывается на их гидрохимическом режиме, но гидробиологические процессы проходят не очень интенсивно из-за умеренного климата и бедности вод органическими и биогенными веществами.

На юго-восточном склоне Скандинавских гор находится большая часть каскадных водохранилищ и ГЭС. Большин-



112. Схема использования р. Скъемен в Норвегии

ство рек этого склона — шведского типа; они горные, богаты гидроэнергоресурсами; порожистые участки их чередуются с котловинами, занятыми озерами вытянутой формы. Питание — снеговое и частично дождевое с весенним и осенним паводками. Таковы каскады водохранилищ на реках Гломма, Квина, Отра, Нидэльв, Логен, Туке и их притоках (Монеэльв, Сонга, Винстра, Бегна и др.). На восточном склоне имеются и озера-водохранилища (Мёсватн, Тюин, Винье), но преобладают долинные водохранилища; самые крупные из них — Сонга, Туке-1, Роскрипфьёрден полным объемом 0,7—2 куб. км. Водохранилища здесь по сравнению с западным склоном имеют бóльшую площадь, ширину и длину.

Ландшафтный облик водохранилищ очень живописен — крутые скалистые берега, заросшие лесом, водопады на ручьях, что привлекает много туристов. При создании водохранилищ большое внимание уделяется охране окружающей среды, планы строительства плотин разрабатываются с участием специалистов по ландшафтной планировке. Когда создавался каскад водохранилищ на р. Туке, было сохранено живописное оз. Тутак, хотя его использование дало бы втрое больший полезный объем, чем заменившее его водохранилище Сонга (Water from..., 1965).

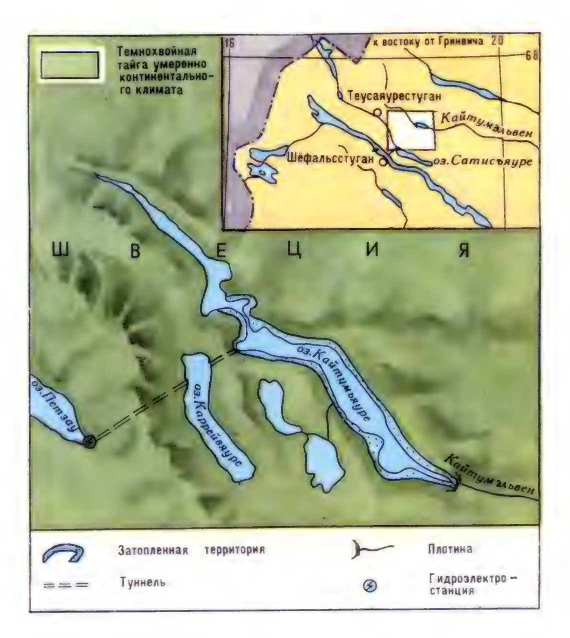
В настоящее время природоохранная общественность активно выступает против гидроэнергетического использования р. Альтаэльв на севере страны. Каньон Саутсо в ее долине протяженностью 130 км очень живописен, на его склонах обитает большое число северных оленей, в реке — ценное стадо лососей (добыча — 30 т в год); создание каскада водохранилищ нарушит условия жизни саамов и эскимосов. Спор о возможности энергостроительства продолжается до сих пор. С 1969 г. вопрос трижды рассматривался парламентом (стортингом). Когда в 1981 г. все же началось строительство подъездной дороги, здесь в знак протеста прошли демонстрации; более 700 демонстрантов были оштрафованы на общую сумму в 1,7 млн. крон.

В стране и в дальнейшем водохранилища будут строиться. Например, северо-восточнее Ставангера сооружается крупный каскад ГЭС Улла-Фуэрре, в состав которого войдут 15 озер и водохранилищ, в том числе самое крупное водохранилище — Бласьё полным объемом 3,6 куб. км, создаваемое в результате строительства трех плотин (The construction..., 1978).

ВОДОХРАНИЛИЩА ШВЕЦИИ

Расположенные на границе с Норвегией массивы Скандинавских гор крутыми уступами спускаются к плато Норланд высотой 500—800 м (в Северной Швеции) и к Центральной озерной низменности (в Средней Швеции); южнее простирается возвышенность Смоланд. Зарегулированность стока озерами и крутое падение рек благоприятствуют строительству гидроэлектростанций. Здесь и сосредоточена преобладающая часть водохранилищ страны.

Еще в начале нашего века в наиболее освоенной Южной Швеции возникли первые водохранилища, затем гидростроительство сдвигалось все далее на север. Самые крупные водохранилища образовались в результате подпора озер Веннерн (зарегулировано построенной в истоке р. Гёта-Эльв в 1915 г. плотиной Бринкебергс-Кулле), Суорва, Сатисьяу-



113. Схема подпора оз. Кайтумъяуре и переброски его стока в бассейн реки Лулеэльв

ре, Сейтеваре. От подпора озер выше естественного уровня в Швеции отказываются, предпочитая использовать объем в пределах его естественных колебаний.

У водохранилищ в большинстве случаев крутые, скалистые берега, где подтопление и переформирование проявляются слабо; другие изменения в природе также незначительны. Вследствие небольших затоплений земель и нарушений хозяйственных объектов на компенсационные мероприятия расходуется относительно небольшая (10—20%) доля капиталовложений в ГЭС.

В последние годы все больше проявляется стремление сохранить ряд озер и рек, оставить их вне гидроэнергетического использования по природоохранным соображениям. При строительстве ГЭС Ритсем (рис. 113) в бассейне Лулеэльв отказались от использования оз. Аутаяуре, поскольку этот район посещается большим числом туристов (Jegs, 1974); другим примером может служить ГЭС Паракка, при строительстве ее для создания водохранилища использовали в основном неудобные земли, а близлежащее емкое озеро оставили в естественном состоянии.

Несмотря на указанные тенденции, создание водохранилищ будет продолжено в целях выработки электроэнергии. В более отдаленной перспективе масштабы их сооружения, вероятно, уменьшатся из-за исчерпания гидроэнергоресурсов.

ВОДОХРАНИЛИЩА ФИНЛЯНДИИ

Реки финского типа представляют собой короткие протоки между озерами. Не только долины, но и русла их часто выражены очень слабо. При пересечении моренных гряд и уступов древнего ледникового рельефа реки образуют невысокие пороги и водопады. Снеговое питание приводит к весенним половодьям, но и летом, из-за малого испарения и регулирующего влияния озер, болот и лесов, реки многоводны. Озерность речных бассейнов неодинакова (Вуокса — 19,9%, Оулуйоки — 11,4, Кемийоки — 2,9%).

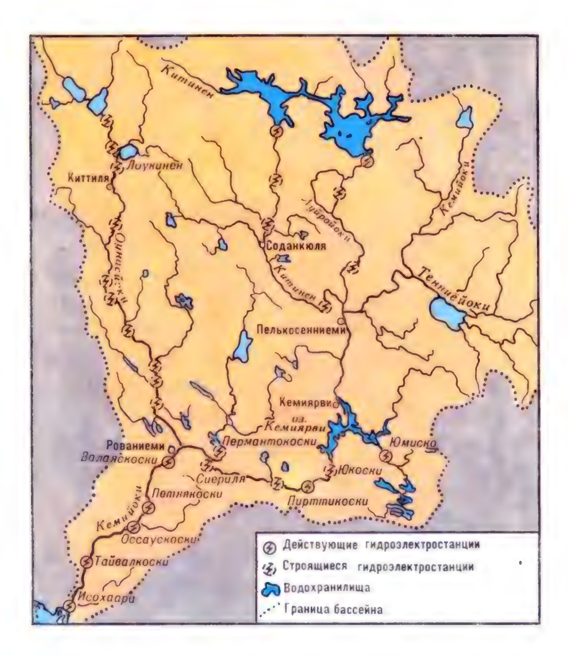
Все водохранилища появились после первой мировой войны; в настоящее время их более 50, суммарный объем около 17 куб. км и площадь (без учета больших озер) примерно 1,2 тыс. кв. км. Созданы они преимущественно для гидроэнергетики; среди крупных и средних водохранилищ лишь Сайма и Пиелинен имеют значение также для лесосплава и судоходства, а Лямсанкоски на р. Сикайоки — еще и для борьбы с наводнениями.

Большое значение озера-водохранилища Сайма для судоходства определяется тем, что из него начинается Сайменский канал, проходящий по территории СССР, но важный для Финляндии тем, что соединил ее юго-восточную часть с морем. По реконструированному Сайменскому каналу (вместо прежних 28 шлюзов построено 8 крупных) суда грузоподъемностью до 2 тыс. т перевозят свыше 0,5 млн. т грузов в год.

В Финляндии, как и в Норвегии и Швеции, много озер-водохранилищ, в том числе такие крупные, как Сайма, Инари, Оулуярви (гидроузел Юльхямя), Пиелинен (гидроузел Калтимо), Кемиярви и др. Параметры указанных озер не испытали при подпоре существенных изменений, но гидрологический их режим (кроме оз. Сайма) заметно отличается от естественного. На севере создано несколько крупных долинных водохранилищ — Локка, Порттипахта, Сейтакорва.

Влияние водохранилищ на природу хотя в целом и незначительно, однако в ряде мест сказывается отрицательно. Так, на большинстве крупных и средних водохранилищ, расположенных в бассейнах рек Кемийоки (рис. 114) и Оулуйоки, заметно уменьшились уловы ценных рыб.

При создании водохранилищ в основ-



114. Схема каскада водохранилищ в бассейне р. Кемийоки

ном затопляются неудобные земли — болота, каменистые пустоши, но и при этом могут возникать негативные явления. Водохранилища Локка и Порттипахта, например, оказали ощутимое влияние на местный климат, смягчили колебания температуры воздуха. Но поскольку существенную долю затопленной площади здесь составили болота и заболоченные леса (около 40 тыс. га), в первый же год на площади 20 кв. км всплыли торфяники (средней мощностью 70 см). Их размыв вызвал ухудшение качества воды в р. Китинен, что в сочетании с изменением гидрологического режима реки отразилось на ихтиофауне (некоторые виды рыб исчезли) и структуре водных экосистем р. Кемийоки. В районе указанных водохранилищ соответственно изменились и социально-экономические условия жизни местного, в основном саамского, населения. Неполная очистка ложа этих водохранилищ от леса и кустарника также наносит ущерб судоходству и рыболовству.

Перспективы дальнейшего создания водохранилищ следует оценить как весьма скромные, поскольку естественная зарегулированность стока многих рек велика, гидроэнергетический потенциал использован примерно на $^2/_3$. К тому же в стране все чаще высказываются за сохранение некоторых речных систем в естественном состоянии, особенно рек восточного побережья Ботнического залива, например Летсийоки, Калайоки и др.

3. ВОДОХРАНИЛИЩА ЗАПАДНОЙ И ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЕВРОПЫ*

В Западной и Центральной Европе располагаются наиболее крупные (кроме США и Японии) капиталистические страны с высокой плотностью населения, наличием мощной разнообразной промышленности с развитой инфраструктурой, очень высокой степенью и уровнем сельскохозяйственного использования территории, наличием большого числа крупных городов. Указанные факторы предопределяют интенсивное использование водных ресурсов для разнообразных целей, в первую очередь для водообеспечения населения и промышленности и для выработки электроэнергии. Уже в XVIII и XIX вв. здесь широко развернулось регулирование стока рек путем создания водохранилищ.

Государства Западной и Центральной Европы располагаются в пределах трех физико-географических стран — Герцинская Европа и Британские острова, Восточно-Европейская равнина, Альпийско-Карпатская страна, что обусловливает большие различия в предпосылках создания водохранилищ, направлении их использования и характеристике самих водохранилищ. Реки относятся к атлантическому, герцинскому и альпийскому типам (Черногаева, 1971).

В Западной и Центральной Европе построено более 900 водохранилищ разных размеров, однако большинство из них — малые и небольшие (объемом менее 0,1 куб. км); средних водохранилищ (0,1—1 куб. км) насчитывается около 70, а крупных (более 1 куб. км) только 3.

ВОДОХРАНИЛИЩА ВЕЛИКОБРИТАНИИ И ИРЛАНДИИ

Первое водохранилище в Великобритании — Комбс объемом 1,3 млн. куб. м — создано в 1794 г.; в XIX в. построено около сотни малых водохранилищ и только два небольших — Вирнуи (59 млн. куб. м) и Лох-Том (11 млн. куб. м); большинство средних водохранилищ

* Здесь и далее в составе регионов не упоминаются малые страны и острова, поскольку они не имеют сколько-нибудь значительных водохранилищ, а лишь пруды и небольшие водоемы.



115. Водохранилище Килдер в Шотландии (Великобритания)

появилось в последние 30 лет. Ныне в стране более 300 водохранилищ суммарным объемом свыше 5,5 куб. км. Площадь их водного зеркала можно оценить примерно в 450—500 кв. км. Водохранилища имеются во всех районах Великобритании, но заметна их концентрация в северных и западных районах — Шотландии, Северной Англии и Уэльсе (рис. 115).

Реки Великобритании и Ирландии — атлантического типа; они имеют равномерное дождевое питание, полноводны, зимой не замерзают. Их долины хорошо разработаны (кроме верховий), с малыми уклонами продольного профиля. Все это благоприятствует судоходству и использованию рек в качестве источников водоснабжения.

Водохранилища Великобритании предназначены преимущественно для водоснабжения, в первую очередь коммунального. Они размещены более равномерно, чем гидроэнергетические, меньше их по размерам, но среди них есть и относительно большие: Ститианс (198 млн. куб. м), Хейвсуотер (84 млн.), Лемелод (77 млн.). Поскольку водохранилища создавали в наиболее благоприятных топографических и геологических условиях — долинах низких гор, многие из них находятся сравнительно далеко от водопотребителей; это вызвало развитие широкой сети дальних водопроводов.

Длительное время в Великобритании ведутся исследования и проектные работы по сооружению водохранилищ в эстуариях рек для аккумулирования пресной воды в целях водоснабжения. Намечалось шесть таких водохранилищ, в том числе крупнейшее — в Бристольском заливе. Вода из них будет поступать в будущую единую систему водообеспечения страны с помощью насосных станций.

Водохранилища гидроэнергетического назначения расположены в горных районах Шотландии, Северной Англии и Уэльса. На Северо-Шотландском нагорье ряд водохранилищ создан путем подпора озер. Если доля ГЭС и ГАЭС в общей мощности электростанций Великобритании незначительна, то в Шотландии она достигает 13—15%. Гидроэнергетические водохранилища по среднему объему (61 млн. куб. м) значительно превышают водоснабженческие (менее 19 млн. куб. м) и воднотранспортные (10 млн. куб. м). Исследуются проблемы строительства в эстуариях западного побережья приливных электростанций, при котором в эстуариях образуются водохранилища с соленой водой.

Одни из первых по времени создания

были водохранилища Марш-Хаг, Тодд-Брук, Килингтон в Йоркшире и ряд водохранилищ в Дербишире и Уэстморленде. Они предназначались для питания водой судоходных каналов. Несколько небольших водохранилищ создано для борьбы с наводнениями, аккумуляции запасов воды (в разнообразных целях) а в последние годы и для рекреации и ирригации.

Водохранилища Великобритании имеют объем не более 400 млн. куб. м (средний — менее 20 млн. куб. м), площадь зеркала — единицы, редко десятки квадратных километров, глубину преимущественно менее 25—30 м, не считая нескольких десятков более глубоководных горных и озерных водохранилищ. Из-за таких небольших размеров они оказывают незначительное воздействие как на природу, так и на хозяйственные объекты.

Не вносят водохранилища значительных изменений и в режим стока больших рек, поскольку в сезонном разрезе регулируется сток преимущественно малых рек; сток наиболее крупных рек (Темзы, Северна, Трента, Тайна) практически не зарегулирован. Построенные на них подпорные сооружения для судоходства почти не имеют полезного объема.

Наиболее существенны в Великобритании последствия строительства плотин для ихтиофауны, особенно для лососевых рыб; горные реки с большим количеством плотин, особенно в Шотландии, частично или полностью утратили значение для их нереста. На некоторых реках большой эффект для сохранения ценных видов рыб дало строительство рыбопропускных и рыбоводных сооружений.

В Ирландии имеется около 20 водохранилищ суммарным объемом 1 куб. км. Средние параметры водохранилищ в Ирландии в связи с созданием двух из них (Лох-Дерг и Лох-Эрн) на месте одноименных равнинных озер более значительны, чем в Великобритании. Остальные водохранилища расположены в долинах низких гор и имеют небольшую площадь зеркала, ширину и длину; максимальная глубина их колеблется в пределах 10—25 м и лишь у Иннискарра достигает 45 м. Используются водохранилища в основном для энергетических целей; лишь водохранилища на р. Вортри (11 млн. и 6 млн. куб. м) и Поллафука (168 млн. куб. м) обеспечивают водой г. Дублин.

ВОДОХРАНИЛИЩА ФРАНЦИИ

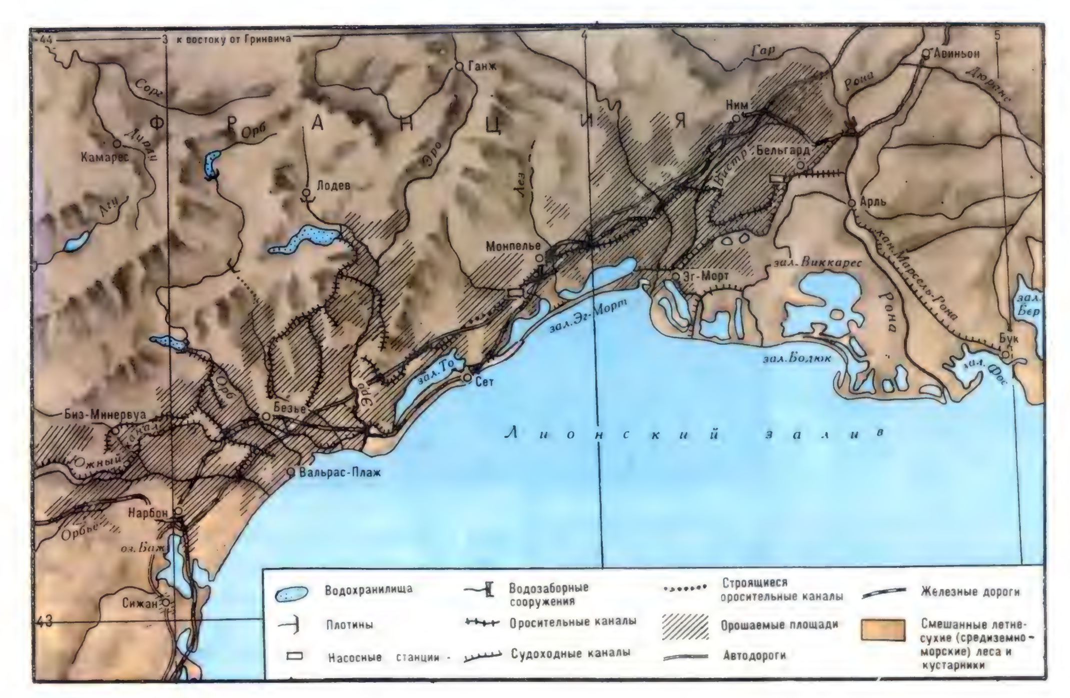
Франция расположена большей частью в пределах Приатлантической области Герцинской Европы, а юго-восточная ее часть — в Альпийско-Карпатской стране. Создание водохранилищ началось здесь в XVII в.; до конца XIX в. оно проводилось в целях обеспечения водой сети судоходных каналов, промышленности и населения, а с начала XX в. — преимущественно в интересах гидроэнергетики; в последние десятилетия ряд водохранилищ построен для водоснабжения, орошения, борьбы с наводнениями.

В настоящее время во Франции имеется более 300 водохранилищ суммарным полным объемом свыше 11 куб. км и площадью примерно 450 кв. км. Средние показатели их объема и площади в 2,5 раза меньше среднеевропейских; более 90% водохранилищ относятся к малым и небольшим.

Большая часть рек Франции — атлантического типа. Созданию больших водохранилищ на них препятствует высокая хозяйственная освоенность долин (сады, виноградники, железные и шоссейные дороги, многочисленные населенные пункты). Реки альпийского типа обладают большими гидроэнергетическими ресурсами. Строительству плотин и водохранилищ, которые необходимы для сезонного перераспределения стока (в период максимального электропотребления наблюдается минимальный сток), благоприятствуют геологические и топографические условия, а также сравнительно слабая освоенность горных долин.

Преобладающая часть водохранилищ используется для выработки электроэнергии, причем 40% ее вырабатывают ГЭС с водохранилищами сезонного регулирования. Ныне используется почти 90% экономического потенциала гидроэнергоресурсов.

В настоящее время орошается более 1 млн. га, в том числе из водохранилищ



116. Оросительные системы, использующие зарегулированный сток р. Рона и местных рек (Франция)

на Роне свыше 200 тыс. га (рис. 116) и на р. Вердон — 100 тыс. га и т. д. Многие десятки водохранилищ Франции используются для коммунального и промышленного водоснабжения, особенно в Парижском районе, в Центральном Французском массиве, в бассейне Гаронны. Например, в бассейне р. Сены созданы водохранилища Сена и Марна, увеличившие меженный сток реки соответственно до 30 и 35 куб. м/с, но этого эффекта недостаточно, и предусмотрено создание новых водохранилищ в верховьях рек Об, Марна, Уаза и др.

Борьба с наводнениями наиболее актуальна в бассейне р. Сены (защита Парижа) и на юге Франции; в защите Парижа от наводнений сыграли большую роль водохранилища Сена и Марна, снизив максимальные уровни на 1,5 м. На юге эффект от водохранилищ, предназначенных для борьбы с наводнениями (по сравнению со строительством дамб), еще более высок ввиду очень большой величины пиковых расходов. Для воднотранспортных целей используется около 30 водохранилищ, часть их входит в состав судоходных путей (например, на Рейне и Роне, обводных каналах), остальные снабжают их водой; протяженность внутренних водных путей — 11 тыс. км. Большинство водохранилищ используется для отдыха и спорта; для спортивного рыболовства более благоприятны водохранилища Центрального массива, чем высокогорные альпийские. Рыбопропускные сооружения начали строить на гидроузлах с начала XX в., но они стали приносить пользу лишь с середины 30-х годов, когда лестничные рыбоходы заменили рыбоподъемниками и специальными шлюзами.

Многие водохранилища относятся к комплексным; на Рейне и Роне они имеют энерготранспортное назначение, энергетические водохранилища Шодан, Сер-Понсон, Ла-Роша, Вильфор, Сен-Касьен, Круа и др. важны для орошения, большинство емких водохранилищ — для борьбы с наводнениями, водохранилища в бассейне Сены — также для борьбы с наводнениями, но еще и для водоснабжения и судоходства.

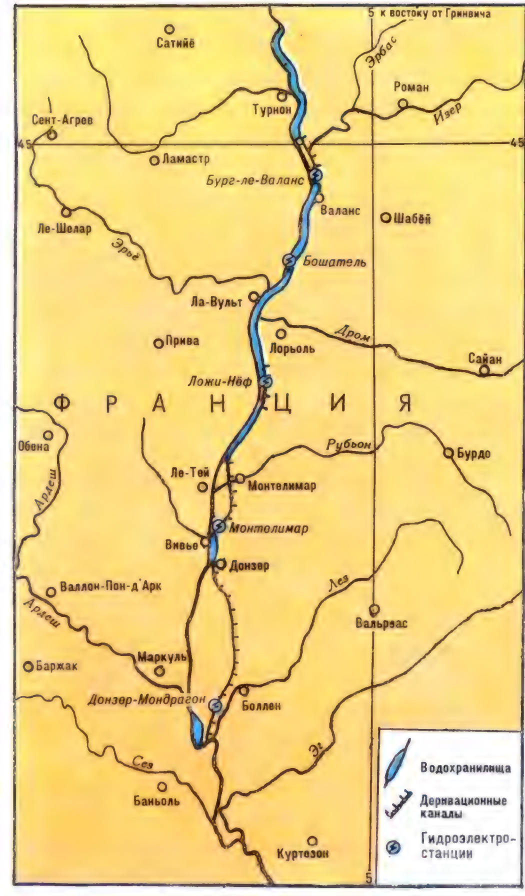
Водохранилища размещены преимущественно в Центральном Французском массиве, в Альпах и в меньшей степени Пиренеях; на равнинных территориях их мало, и предназначены они преимущественно для водоснабжения, питания судоходных каналов и борьбы с наводнениями.

Большинство водохранилищ объемом более 10 млн. куб. м расположено в бассейнах 6 крупных рек (рис. 117, 118):

117. Горное долинное водохранилище Розелан на р. Дорон-де-Бофор (Франция), обеспечивающее работу ГЭС Ла-Бати-Розелан и других ГЭС каскада на р. Изер



118. Схема каскада ГЭС и водохранилищ на участке Нижней Роны



Роны, Гаронны, Дордони, Луары, Сены и Рейна (табл. VIII-5). В бассейне Роны водохранилища преимущественно горные, в среднем более емкие, но относительно небольшие по площади. В Центральном Французском массиве (бассейны Гаронны, Дордони и Луары) долины рек более широкие, подпор у плотин меньше, средние площади водохранилищ больше.

Для ряда рек Франции характерно расположение водохранилищ каскадами. Таковы каскады на реках Дордонь (Бор, Мареж, Л'Эгль, Шатан), Трюйер (Сарранс, Гранваль, Куэск), Дюранс и Вердон. Специфический облик имеют водохранилища каскада гидроузлов на Роне (табл. VIII-6); они образованы преимущественно путем обвалования части поймы и соединены между собой деривационными каналами. Водохранилища Рейнского каскада частью созданы в пойме, а частью — на обводном канале.

Каскад на Роне обеспечивает судоходство по магистрали Сона—Рона—Средиземное море, имеет большое энергетическое значение (суммарная мощность ГЭС более 2600 МВт, среднегодовая выработка около 14 млрд. кВт · ч) и осуществляет орошение больших площадей. На Роне намечается построить 21 гидроузел, в том числе 8 выше Лиона. Дамбы, обваловывающие водохранилища и деривационные каналы, защищают долины от наводнений (более 10 тыс. га). В целом, хотя и было изъято около 12 тыс. га, гидроузлы на Роне создали условия для вовлечения в сельскохозяйственное освоение 40 тыс. га земель, не считая эффекта для орошения. На прилегающих территориях отмечается более благоприятный режим грунтовых вод, чем в естественных условиях (Gemaehling, Savey, 1972).

Таблица VIII-5

Распределение водохранилищ емкостью более 10 млн. куб. м по речным бассейнам Франции

Речной бассейн	всего: колич.	всего: полный объем, куб. км	всего: площадь зеркала, кв. км	средние параметры: объем, млн. куб. м	средние параметры: площадь, кв. км	В том числе по водохранилищам объемом более 100 млн. куб. м: колич.	полный объем, куб. км	площадь зеркала, кв. км
Рона	46	5,06	145	110	1,0	9	3,55	85
Дордонь	12	1,29	17	107	1,4	4	1,02	14
Гаронна	26	1,41	59	54	2,3	3	0,76	23
Луара	13	0,58	. . .	45	. . .	1	0,11	. . .
Сена	7	0,64	. . .	91	. . .	2	0,55	. . .
Рейн	10	0,25	. . .	25	. . .	—	—	—
Итого	114	9,23	. . .	80	. . .	19	5,99	. . .
Всего по Франции	138	10,15	. . .	73	. . .	23	7,04	. . .

Таблица VIII-6

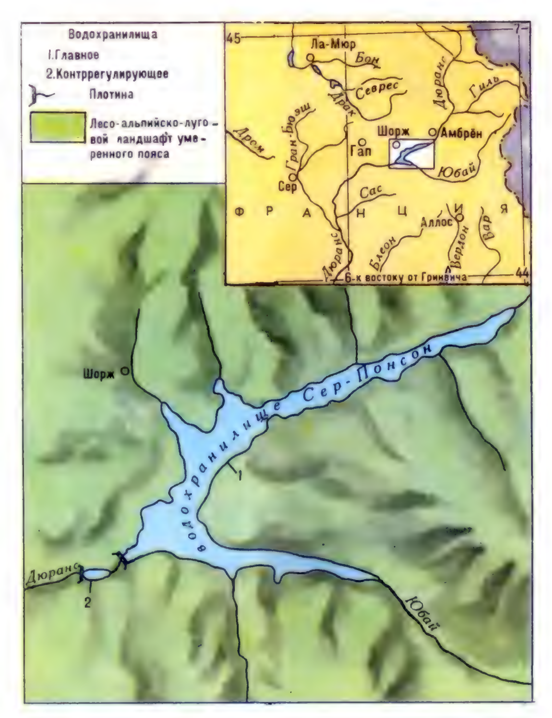
Показатели по каскаду на р. Рона

Наименование водохранилища и гидроэлектростанции	Полный объем, млн. куб. м	Напор на ГЭС, м	Длина, км: всего	в том числе: водохранилище	в том числе: канал	Мощность ГЭС, МВт	Выработка электроэнергии, млн кВт·ч
Женисья	53	72	. . .	. . .	—	416	. . .
Сейсель	10	9	. . .	. . .	. . .	42	. . .
Пьер-Бенит	20	9,2	15	4	11	80	540
Вугрис	. . .	6,1	19,5	18,5	1	65	335
Руссийон	24	13,8	27	15,7	11,3	165	880
Сен-Валье	55	10,7	23,5	19,5	4	140	700
Бург-Ле-Валанс	25	11,7	21	11,1	9,9	180	1 080
Бошатель	30	12,6	17,5	11,1	6,4	192	1 200
Ложи-Нёф	40	13,0	18	8,8	9,2	192	1 200
Монтелимар	45	17,1	22	8,6	13,4	270	1 725
Донзер-Мондрагон	20	22,0	32	4	28	330	1 990
Кадерусс	37	9,0	16	11,5	4,5	156	860
Авиньон	34	9,4	20	10,6	9,4	180	935
Валлабрег	70	9,0	25	18	7	210	1 255

Характерная особенность высокогорных водохранилищ Альп — их наполнение за счет подачи воды по туннелям из рек разных бассейнов, что обеспечивает концентрацию использования гидроэнергоресурсов.

Влияние водохранилищ на окружающую среду прилегающих территорий относительно невелико. Максимальный объем водохранилищ — 1 270 млн. куб. м, площадь их не превышает 48 кв. км (равнинное водохранилище Марна), длина — 25—30 км, ширина — редко более 1 км. Наиболее емкие высокогорные водохранилища имеют площадь до 7 кв. км; среднегорные и предгорные — до 10—11 кв. км (лишь у водохранилищ Сер-Понсон (рис. 119) и Сен-Круа она составляет соответственно 28 и 23 кв. км); глубина нескольких горных водохранилищ достигает 100—150 м.

Водохранилища отличаются многообразием морфометрических форм и ландшафтного облика. Высокогорные водохранилища более суровы из-за отсутствия лесной растительности и преобладания скальных берегов. Ряд малых, простых по форме водохранилищ создан путем подпора каровых озер в Пиренеях, альпийских озер Ле-Тьер, Котопан, Эс-



119. Схема самого крупного во Франции водохранилища Сер-Понсон на р. Дюранс

пиназ и др.; в бассейне Луары подпружено кратерное оз. Иссарле. Сложнее по форме акватории и более живописны водохранилища в предгорьях Альп и во Французском массиве. Они извилисты, имеют многочисленные заливы, их скальные берега покрыты лесом (рис. 119).

При создании водохранилищ наиболее значительными были изъятия продуктивных земель в равнинной части бассейна р. Сены; водохранилище Марна затопило 5800 га земель, в том числе лесов — 25%, пашни — 20, заброшенных пастбищ — 30%; оно поглотило и небольшое водохранилище Шампобер-о-Буа. Переселено 300 человек из нескольких деревень. Есть и положительные последствия его создания: улучшились условия использования пойменных земель и в долинах рек Марны и Блэза (Ballif, 1970).

Перспективы дальнейшего сооружения водохранилищ во Франции определяются интересами преимущественно ирригации (в южных районах), гидроэнергетики (использование оставшихся гидроэнергоресурсов Альп) и водоснабжения. Так, в бассейне р. Сены ожидаемый рост водопотребления с 25 куб. м/с в 1970 г. до 42 куб. м/с в 2000 г. придется покрывать преимущественно за счет создания водохранилищ.

ВОДОХРАНИЛИЩА СТРАН БЕНИЛЮКСА И ФРГ*

Южная часть Нидерландов и та территория ФРГ, которая находится к северу от Северо-Германского канала, расположены в Присевероморской области Восточно-Европейской равнины; южная часть ФРГ (примерно от р. Дуная) относится к Альпийско-Карпатской горной стране. Остальная область ФРГ, юг Нидерландов и полностью Бельгия и Люксембург располагаются в Герцинской области.

По среднему объему и площади водохранилищ между ФРГ, Бельгией и Люксембургом больших различий нет. Бо́льшими средними размерами отличаются водохранилища Нидерландов, что обусловлено их созданием в заливах Северного моря и в дельте Рейна и Шельды.

Водохранилища в Нидерландах появились недавно. Прежде многоводные реки удовлетворяли водопотребителей, но для гидроэнергетики они не были пригодны, лишь в последние десятилетия возникла необходимость аккумуляции стока Рейна и Шельды. Первое большое водохранилище — Иссельмер — образовалось в отчлененном от Северного моря заливе Зюйдерзе, в который с 1932 г. стали подавать для распреснения рейнскую воду; в настоящее время в нем накоплено 6 куб. км пресной воды. В послевоенный период созданы водохранилища Лауверсзе (в морском заливе), Браувесхавенсе-Гат, Остершельде, Харингсвлит (путем отчленения дамбами устьевых рукавов Шельды и Рейна), всего 10 водохранилищ суммарным объемом свыше 10 куб. км и площадью более 500 кв. км.

Большинство водохранилищ построено в соответствии с проектом «Дельта», направлено на отвоевание у моря земель, укрепление морских берегов и интенсивное использование защищенных земель с учетом интересов водоснабжения и охраны природы. Одна из особенностей нидерландских водохранилищ — тесная

* Здесь и в ряде случаев далее группировка стран внутри региона дается с учетом общности бассейнов и основных водохозяйственных проблем. В целом же районирование для зарубежных стран принято по 20-томному изданию «Страны и народы». М., 1979—1985.



120. Схема ГАЭС Коо в Бельгии

зависимость качества их воды от качества речных вод; как известно, выше по течению в Рейн поступает много загрязнений, хотя в результате водоохранных мероприятий качество рейнской воды стало улучшаться. Несколько небольших водохранилищ, преимущественно на холмистом юго-западе страны, создано для водообеспечения Роттердама и других городов. Уже в начале 70-х годов в стране орошалось более 60 тыс. га, так что водохранилища стали использоваться в ирригационных целях.

Водохранилища Присевероморской области имеют низкие берега, мелководны, хорошо прогреваются. В результате отсечения рукавов дельты пески перестали смачиваться водой и стали развеваться ветром, понизился уровень грунтовых вод; пришлось засевать пески смесью ржи и трав, что улучшило условия жизни некоторых животных и птиц, обитающих в прибрежной полосе.

Водохранилища Бельгии и Люксембурга предназначены для водоснабжения и получения электроэнергии. Максимальная площадь и глубина их относительно невелики. В Бельгии, как и в Нидерландах, около 10 водохранилищ, но суммарный объем их менее 0,2 куб. км, а в Люксембурге всего три небольших водохранилища. В настоящее время начато строительство водохранилищ (Эметон, О-д'Эр, Лессе-II суммарным полезным объемом 150 млн. куб. м) в целях повышения меженного стока Мааса — главной реки Бельгии, питающей основные судоходные каналы — Альберта и Маастрихт. Создано несколько ГАЭС с небольшими водохранилищами (рис. 120).

Водохранилища Федеративной Республики Германии. Создание водохранилищ на нынешней территории ФРГ началось еще в средние века в Гарце — главном тогда районе добычи цветных металлов; до XVIII в. здесь уже была создана система из 70 прудов и водохранилищ и 140 км подводящих каналов, которая давала рудникам механическую энергию и воду для обогащения руд (Schmidt, 1970).

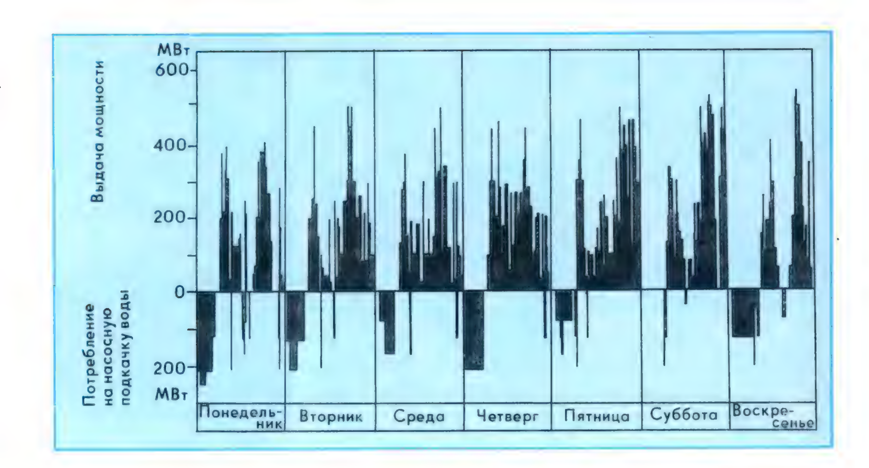
По общему и среднему объему водохранилища ФРГ находятся на последнем месте среди крупных государств Европы, что обусловлено высокой плотностью населения в речных долинах, интенсивным использованием территории для сельского и лесного хозяйства (соответственно 58 и 28%), прохождением большинства железных и шоссейных дорог по долинам рек. Отметим еще, что сток главной водной артерии ФРГ — Рейна значительно зарегулирован озерами и водохранилищами Швейцарии, в ФРГ свыше 125 водохранилищ суммарным объемом около 2,5 куб. км и площадью свыше 200 кв. км.

Большинство рек страны имеют режим смешанного типа, в котором сочетаются черты герцинского, альпийского и отчасти атлантического типов; к герцинскому типу относятся притоки Среднего Рейна, Верхний Дунай, Эльба, Везер и их притоки, к альпийскому — верховья Рейна, правые притоки Дуная (Лех, Изар, Инн и др.).

Водохранилища создаются преимущественно в интересах промышленного водоснабжения (питьевое в значительной части обеспечивается за счет подземных и озерных вод), гидроэнергетики, борьбы с наводнениями и судоходства. Многие из них используются в нескольких целях.

Гидроэнергетические водохранилища расположены в основном в альпийской зоне, но для получения энергии служат и водохранилища в других районах (Шwamменауэль, Эдер, Одер, Урфталь, Бигге), а также каскады низконапорных водохранилищ на реках Рейн, Мозель, Везер, Майн, Дунай, Инн, Лех и др. Некоторые водохранилища образованы путем подпора озер (Вальхензе, Шлухзе, Грютензе и др.). Крупных ГЭС в ФРГ нет, поэтому для покрытия пиковых нагрузок энергия экспортируется из Австрии (рис. 121, 122) и Швейцарии, с этой же целью построено 15 ГАЭС.

121. Динамика работы группы ГЭС — ГАЭС Верхний Илль-Люнерзе (Австрия) в одну из зимних недель



122. Озеро-водохранилище Люнерзе — головное в каскаде ГЭС и ГАЭС в бассейне р. Илль (Форарльберг, Австрия)

Особенно важны водохранилища, предназначенные для водоснабжения промышленно развитых регионов ФРГ (земли Северный Рейн-Вестфалия и Нижняя Саксония) и отдельных крупных промышленных узлов (Франкфурт-на-Майне, Мюнхен, Нюрнберг и др.). Поскольку такие водохранилища создавались в благоприятных по топографическим и геологическим условиям, но мало освоенных горных районах, вода из них подается потребителям на большие расстояния обычно по водоводам (из Гарца — в Ганновер, Зальцгиттер, Вольфсберг и даже в Бремен и т. д.), но в бассейнах рек Рур, Липпе, Вуппер вода из водохранилищ сбрасывается в основном в те же реки, откуда и забирается для нужд Дортмунда, Эссена, Дюссельдорфа и других городов. Насколько велика роль водохранилищ в надежном промышленном и коммунальном водоснабжении Рурского бассейна, свидетельствует такой факт. В маловодный 1971 год, когда атмосферные осадки составили лишь 73% от нормы, именно

эти водохранилища обеспечили бесперебойное водоснабжение района (Genossenschafts..., 1972).

Наибольшее воднотранспортное значение имеют небольшие водохранилища, образованные при шлюзовании рек Рейн, Майн, Регниц, Неккар, Везер, Мозель (грузооборот по нему — свыше 5 млн. т в год), Дунай; некоторые водохранилища (Эдер, Мёне и др.) используются для питания судоходных каналов. Все большую роль в использовании водохранилищ приобретает рекреация, особенно в Рурском бассейне и Гарце; создаются специальные рекреационные водохранилища, например в районе Нюрнберга, Мюнхена и др.

Размещение водохранилищ по территории страны неравномерно. На Приссевероморской низменности имеются только небольшие водоемы местного значения и отдельные водохранилища специального назначения, как, например, верхний бассейн ГАЭС Гёстхахт вблизи Гамбурга, каскад на р. Везер и др. Мало водохранилищ, особенно крупных, в Рейнланд-Пфальце, Тюрингии, Баден-Вюртемберге.

Морфологические особенности и ландшафтный облик большинства водохранилищ в предгорьях Альп и в низкогорных регионах аналогичны описанным выше водохранилищам Франции. Лишь некоторые из них имеют площадь от 10 до 30 кв. км (Экер, Вальхензе, Форгензе, Бигге), длина их редко превышает 10—15 км, глубина в большинстве случаев колеблется в пределах 30—55 м (глубже только водохранилища Швамменауэль, Окер, Гране, Зорпе). Объем восьми средних водохранилищ колеблется в пределах 100—205 млн. куб. м.

В связи с этим воздействие водохранилищ на окружающую среду носит локальный характер. Подтопление прибрежной зоны, как, например, в долинах рек Вертах, Лех и др. на северном склоне Баварских Альп, пострадавших от недостаточно продуманных выправительных работ прошлого века, считается желательным для улучшения водного режима лугов и лесов. Создание каскадов водохранилищ на Дунае и Инне (с максимальным подпором до 5—8 м) также улучшило водный режим прилегающих земель, из-за чего стал богаче ландшафт, увеличилось количество благоприятных биотопов для водоплавающих птиц, значительно выросла их численность и расширился видовой состав.

В других районах более существенными оказались изменения в нижних бьефах, где плотины преградили пути миграции ценных рыб, однако вследствие малой степени регулирования речного стока изменения не распространяются на большие расстояния. Более острыми считаются в ФРГ проблемы формирования и охраны качества воды в верхних и нижних бьефах гидроузлов, в частности евтрофирования водохранилищ и их «теплового загрязнения». В связи с этим большое внимание уделяется проведению водоохранных мероприятий — очистке сточных вод, аэрации, а также созданию буферных водохранилищ с постоянным уровнем воды на 0,5—2 м выше, чем в основном водохранилище, способствующих очищению воды, сохранению ландшафта при сработке основного водохранилища. В результате сброса подогретых вод ТЭС, АЭС и заводов летом температура воды в отдельных водоемах поднимается до 30—40°, резко снижаются содержание кислорода и самоочищение воды.

В последние десятилетия большое внимание уделяется проведению мероприятий по охране природных объектов, в том числе осуществлению обязательных санитарных попусков в нижние бьефы, строительству рыбозащитных устройств, инженерной защите ценных объектов и т. д. В интересах рекреации вокруг водохранилищ строятся системы водоснабжения, канализации и электроснабжения, пешеходные дорожки, смотровые площадки, специальные шлюзы для пропуска туристских и спортивных судов, намываются пляжи, укрепляются берега, проводятся лесопосадки.

Ущерб населению и хозяйству от затопления и подтопления в ФРГ не очень существен, за исключением нескольких более крупных водохранилищ. Так, при создании водохранилища Бигге было затоплено несколько сот гектаров сельхозугодий, переселены 2400 человек, восстановлены 470 домовладений, 31 крестьянское хозяйство, 4 небольших предприятия (200 рабочих), построено 250 км сельских дорог и т. д.; капитало-

вложения в эти мероприятия составили более 250 млн. марок, т. е. $^3/_4$ общей стоимости объекта (Becker, 1966). Для сохранения хозяйственных объектов широко применяются обвалование, подсыпки, укрепление берегов (Шарапов, 1973). Иногда обвалованные участки используются как польдеры с регулируемым режимом весеннего затопления пашен, лугов и лесов. На водохранилищах на р. Лех устроены две линии дамб: ближняя к реке — для создания польдеров, другая — для защиты населенных пунктов.

Рост водопотребления, гидроэнергетики, необходимость уменьшения ущербов от наводнений и другие факторы будут приводить к дальнейшему строительству водохранилищ. По некоторым оценкам, в ФРГ ожидается создание нескольких десятков водохранилищ средним объемом 50—100 млн. куб. м, в том числе новых для страны типов в глубоких карьерах, в эстуариях рек и др.

ВОДОХРАНИЛИЩА ШВЕЙЦАРИИ И АВСТРИИ

Швейцария и Австрия практически полностью находятся в пределах Альпийско-Карпатской горной страны (Альпы, Юра, Швабско-Баварское плато).

Создание водохранилищ в обеих странах началось в XIX в. с подпора озер, расположенных на Швейцарском плоскогорье и Швабско-Баварском плато, что позволило в определенной степени управлять уровенным режимом в целях борьбы с наводнениями и маловодьем и поддерживать благоприятный уровень таких крупных озер, как Тунское (с 1788 г.), Бриенцское (1856), Эгеризе (1857). Имеются регулирующие плотины и в истоках рек, вытекающих из самых крупных озер — Женевского, Невшательского, Цюрихского, Фирвальдштетского, Цугского, Муртенского — в Швейцарии, Траунзе и Аттерзе — в Австрии (Seen..., 1983), однако конкретных данных о степени регулирования этих озер не имеется, и поэтому мы не включили их в число озер-водохранилищ.

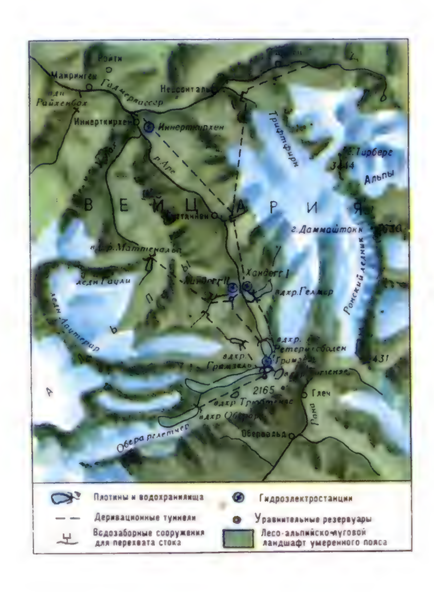
Массовое создание водохранилищ началось в обеих странах в начале XX в. в связи со строительством гидроэлектростанций: в Швейцарии — Перолле (1909), Клёнталь (1910) и Монтсальвенс (1920), в Австрии — Эрлауфклаус и Гозау (1911). Развитие гидроэнергетики обусловливалось отсутствием других энергетических ресурсов, благоприятными условиями освоения богатых гидроэнергоресурсов обеих стран. Наибольших масштабов создание водохранилищ достигло после второй мировой войны.

В настоящее время в Швейцарии эксплуатируется и строится более 80 водохранилищ суммарным полным объемом свыше 4 куб. км, площадью 125 кв. км; в Австрии — соответственно 70; 2,1; 180. Не учтено большое число водохранилищ, образованных низконапорными плотинами на реках Рейн, Ааре, Энс, Инн, Заалах и Драва. Они не включены в Мировой и национальные регистры больших плотин, хотя малыми эти плотины назвать трудно, а созданные ими водоемы в большинстве случаев имеют объем свыше 1 млн. куб. м. Исходя из вышесказанного, можно полагать, что в каждой из стран общее число водохранилищ превышает 100.

Средний объем водохранилищ в Швейцарии значительно больше, чем в Австрии и других странах Западной Европы, что можно объяснить благоприятными природными условиями для создания емких горных водохранилищ (рис. 123) и большей потребностью в многолетнем и сезонном регулировании речного стока в связи с особенно высоким удельным весом гидроэнергии в электроснабжении (79%); в Австрии роль энергии ГЭС несколько меньше (65%).

Суммарная мощность 435 гидроэлектростанций Швейцарии (более 0,3 МВт каждая) в 1980 г. превысила 11,4 млн. кВт, а выработка электроэнергии колеблется в пределах 31—36 млрд. кВт · ч; таким образом, экономический потенциал гидроэнергоресурсов (32 млрд. кВт · ч) практически использован. В Австрии ГЭС суммарной мощностью 6 млн. кВт выработали в 1977 г. около 25 млрд. кВт · ч (70% потенциала) электроэнергии. Несмотря на исчерпание экономического потенциала гидроэнергоресурсов, ряд специалистов считают, что использование гидроэнергоресурсов будет продолжаться, приводя к созданию новых водохранилищ (Link, 1970; Partl, 1970).

123. Пример сложной гидроэнергетической системы на р. Ааре с несколькими водохранилищами



Другие, кроме гидроэнергетики, виды использования водохранилищ носят, особенно в Швейцарии, подчиненный характер. Все водохранилища сезонного и многолетнего регулирования, включая подпруженные озера, играют определенную роль в предотвращении наводнений; высокогорные водохранилища ослабили опасность от селей и лавин во многих горных долинах. Большое значение для судоходства имеют водохранилища на предгорных реках. Каскад на Дунае в Австрии обеспечивает глубину 2,7 м, ширину судового хода — 150 м; стали судоходными благодаря созданию каскадов неглубоких водохранилищ река Рейн — от Рейнского водопада до Базеля, и ее приток Ааре — от устья до г. Ивердон на Невшательском озере (здесь могут ходить суда грузоподъемностью до 1200 т) (Stambach, 1970).

Более важна, чем в ряде других стран, роль горных и предгорных водохранилищ для рекреации — они обогатили ландшафты (рис. 124), создали лучшие условия для спортивного рыболовства и наряду с главной достопримечательностью — Альпами привлекли большой приток иностранных туристов (Töndury, 1969; Töllner, 1972). В результате гидростроительства возникли новые дороги, поселки, коммунальные объекты. Так, долину р. Капрун до создания водохранилищ Вассерфаль и Моозербоден (Австрия) посещало 10—13 тыс. человек в год, после их создания количество рекреантов резко возросло, достигнув в 1971 г. 450 тыс. человек; за 1957—1971 гг. здесь отдыхало более 4 млн. человек (Kraftwerkbauten..., 1972). Улучшились условия для отдыха и на больших реках (Дунай, Рейн, Энс, Инн, Драва и др.), поскольку благодаря снижению скоростей течения, лучшему прогреванию воды, постоянству ее уровня стали возможны массовое купание, катание на весельных и парусных судах, увеличились возможности для рыбной ловли (Haugenberger, 1975).

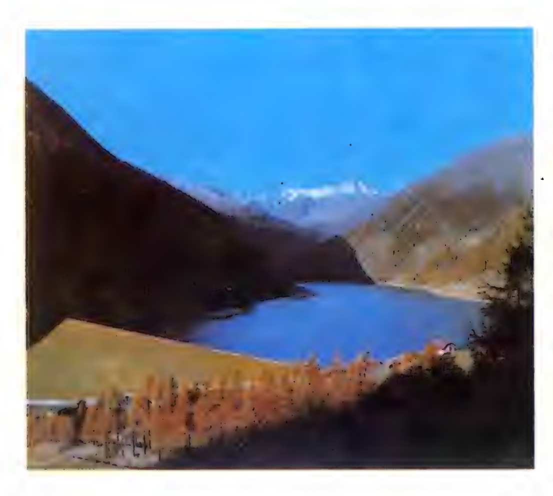
Вместе с тем отмечаются и отдельные неблагоприятные последствия создания водохранилищ для рекреации, в том числе уменьшение привлекательности тех горных долин, из которых вода отведена в деривационные туннели, уменьшение уловов лососевых рыб в результате преграждения путей их миграций.

В перспективе одним из потребителей водных ресурсов водохранилищ станет ирригация, поскольку площади орошаемых земель в обеих странах увеличились до многих десятков тысяч гектаров.

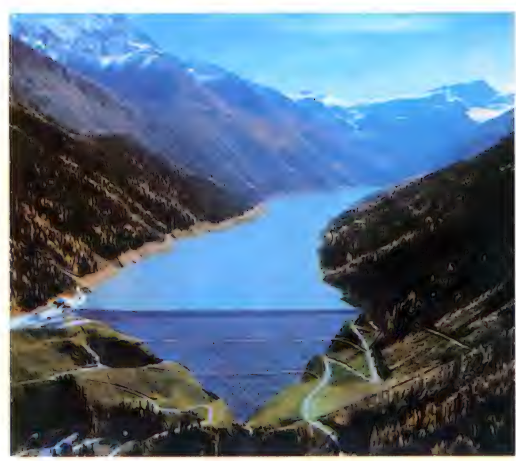
Отметим также, что гидростроительство в высокогорных районах Швейцарии имеет свои положительные стороны: кантоны и общины, на территории которых строятся ГЭС, получают существенные экономические выгоды в результате потребления (бесплатно или по сниженным ценам) части вырабатываемой электроэнергии, выплаты им водной и земельной ренты, а также от строительства дорог, линий электропередачи, поселков, систем водоснабжения и т. п. В период строительства обычно повышается занятость населения, нередко это наблюдается и в дальнейшем в результате развития туризма. По швейцарскому законодательству, построенные электрокомпаниями гидроэлектростанции и другие строительные объекты после окончания срока концессии (обычно он равен 80 годам) переходят в собственность кантона или коммун. В Австрии гидроэнергостроительство способствует экономическому развитию долин рек Энс, Дравы и др. (Zbinden, 1958; Töndury, 1969; Töllner, 1970).

В соответствии со своим назначением водохранилища обеих стран размещаются преимущественно в горных регионах (табл.VIII-7, рис. 125).

124. Водохранилище Вернайя на р. Сеналес (Альпы)



125. Горное долинное водохранилище Гепач (Каунерталь) в австрийских Альпах



Крупные озера-водохранилища имеют площадь в десятки квадратных километров (Тунское — 48, Бриенцское — 29), длину — в десятки километров. Площадь самых больших высокогорных долинных водохранилищ (Гранд-Диксанс, Эмоссон, Гепач, Заммернбоден и др.) равна 3—4,5 кв. км, среднегорных и предгорных (Грюйер, Шиффенен, Эдлинг и др.) — до 10—12 кв. км при длине до 20—25 км. Глубина горных водохранилищ Швейцарии значительная — до 200—300 м (Мовуазен, Гранд-Диксанс, Вогорно), в среднем же 50—150 м; в Австрии глубина водохранилищ не превышает 200 м. Конфигурация горных водохранилищ сравнительно простая (рис. 124, 125), но некоторые из них имеют более сложную форму.

Влияние горных водохранилищ на природу ограничено узкой полосой побережья и участками долины ниже плотин небольшой протяженности. Процессы переформирования берегов, их подтопления развиты слабо. Влияние на климат проявляется в изменении радиационного баланса горных долин, в повышении освещенности за счет отражения от зеркала воды (до 65% от верхнего освещения), в возникновении ветров типа бризов и т. д. В целом эти изменения считаются благоприятными для природной среды (Töllner, 1972).

Для большинства высокогорных водохранилищ характерна очень глубокая зимне-весенняя сработка, достигающая 50—100 и даже 200 м, что отражается на гидрохимическом и гидробиологическом режиме водохранилищ; изменения ландшафта при сработке не так заметны, поскольку долины находятся в это время под снегом.

Таблица VIII-7

Распределение водохранилищ Швейцарии по высотным поясам (по отметке НПУ)

Название показателей	*Един. измерения*	*Высотные зоны, м*				
		до 500	*500—999*	*1 000—1 499*	*1 500—1 999*	*2 000—2 500*
Количество	ед.	2	11	6	24	14
Полный объем	млн. куб. м	116	755	323	1 600	1 110
Полезный объем	млн. куб. м	91	516	204	1 473	1 090
Площадь зеркала	кв. км	4,8	47,3	14,3	38,3	18,6
Средний объем	млн. куб. м	58	69	54	67	71
Средняя площадь	кв. км	2,4	4,3	2,4	1,6	1,3
Средняя глубина	м	24	16	23	42	60
Отношение полезного объема к полному	%	80	68	63	92	98



126. Водохранилище Зуферс, образованное подпором небольшого озера на р. Задний Рейн (Швейцария)

127. Инженерные защитные сооружения на водохранилище Эдлинг на р. Драва



Некоторыми водохранилищами подпираются ледники, в результате таяния которых увеличиваются объем и площадь зеркала; примером могут служить водохранилища Гримзель и Обераар, объем которых за 15 лет увеличился на 4 млн. куб. м (Link, 1970). Многие из высокогорных водохранилищ помимо стока с собственного водосбора получают воду (по туннелям самотеком или с помощью насосов) из ряда соседних водосборов, что также влияет на их гидрологический режим.

Некоторые высокогорные водохранилища (в Швейцарии их более 20, в Австрии — более 10) образованы путем подпора озер (максимум на высоту до 70—100 м) или в результате сработки естественной водной массы озер (рис. 126). Таковы водохранилища Ахензе (опорожняется ниже естественного уровня на 12,5 м) и Люнерзе в Австрии; перед началом такого использования озеро Люнерзе было полностью спущено для цементирования дна.

Водохранилища на больших и средних реках неглубокие, например на Дунае

подпор уровня воды в реке составил 10—16 м, на Драве — 9—26, на Инне — 6—11 м, на Энсе, Рейне и Ааре — примерно в таких же пределах. Уровень этих водохранилищ почти постоянен. Емкость их незначительна по сравнению с годовым стоком рек, поэтому они имеют высокую проточность. Общая длительность прохождения воды через каскад водохранилищ на Дунае в Австрии уменьшилась лишь на $^1/_{10}$. При создании водохранилищ этого типа повышается уровень грунтовых вод, усиливается переформирование берегов; уменьшается самоочищающая способность рек (Machura, 1972; Bader, 1978).

В обеих странах большое внимание уделяется мерам по предотвращению или компенсации ущерба от создания водохранилищ. Известно немало случаев отказа от строительства гидроэлектростанций или кардинального пересмотра проектов гидроузлов с позиций охраны окружающей среды (Каунерталь, Мольн, Дорферталь, Рейнау, Иланц и др.). В Швейцарии проектировалось большое водохранилище на р. Шпёль, которое затопило бы часть национального парка Граубюнден. Природоохранная общественность добилась пересмотра проекта: основное регулирующее водохранилище было создано за пределами национального парка, в долине Ливиньо, а небольшое водохранилище Ова-Спин затопило лишь участок парка (Zbinden, 1958). Проект использования гидроресурсов р. Мальта был изменен из-за угрозы нарушения заказника «Грабен долины Мальты». Большое внимание сохранению ценных ландшафтов в районах Вахау, Лобау и др. уделялось при строительстве водохранилищ на Дунае (Machura, 1972; Stefko, 1970).

В целом же предгорные и горные водохранилища, по мнению многих специалистов, улучшают и обогащают природную среду. Так, водохранилища каскада на р. Энс похожи на естественные озера и вместе с гидросооружениями хорошо вписываются в ландшафт; улучшилось качество воды, уменьшилась эрозия почв, богаче стала растительность на берегах; на водохранилищах много водоплавающих птиц, в том числе перелетных (Nywelt, 1972; Stefko, 1970).

При создании всех водохранилищ проводятся различные мероприятия по предотвращению или ослаблению отрицательных последствий гидростроительства, в том числе инженерная защита (рис. 127).

4. ВОДОХРАНИЛИЩА ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЫ

Восточная Европа, к которой относятся ГДР, ПНР, ЧССР, ВНР, СРР, НРБ, расположена в пределах четырех физико-географических стран — Герцинская Европа (запад ЧССР, юг ГДР и ПНР), Восточно-Европейская равнина (большая часть ГДР и ПНР), Альпийско-Карпатская горная страна (ВНР, СРР, большая часть НРБ, восток ЧССР, крайний юг ПНР) и Европейское Средиземье (крайний юг НРБ).

Такое географическое размещение предопределяет большое разнообразие природных и хозяйственных условий. Природные условия характеризуются большей равнинностью территории, средней высотой гор, более континентальным и менее влажным климатом, большей неравномерностью речного стока по сравнению с Западной и Центральной Европой. В то же время Восточная Европа единообразна по своему социально-экономическому устройству: все государства — социалистические, возникли после второй мировой войны на месте большей частью аграрных или аграрно-промышленных стран, отстававших в экономическом развитии от стран Западной и Центральной Европы (за исключением ГДР и ЧССР, которые уже тогда были промышленно-аграрными). За послевоенный период в этих странах произошли огромные социальные и экономические перемены, получили мощное развитие промышленность, сельское хозяйство и т. д.

Создание водохранилищ приобрело массовый характер после второй мировой войны. В настоящее время в Восточной Европе имеется около 400 водохранилищ суммарным объемом примерно 25 куб. км, в том числе 60 средних и крупных водохранилищ суммарным объемом около 15 куб. км.

ВОДОХРАНИЛИЩА ГДР, ПНР, ЧССР

Реки этих стран относятся к 4 типам: польскому (равнинные и низкогорные районы ГДР и Польши), герцинскому (запад Чехословакии и юг ГДР), альпийскому (высокогорья Карпат) и придунайскому (Словакия); крупные реки большей частью имеют смешанный режим. Реки польского типа отличаются очень неравномерным режимом стока: высокие половодья в марте — апреле, низкая межень до начала осени. Течение их медленное, они сильно меандрируют, могут быть без особых технических трудностей соединены между собой каналами, удобны для судоходства.

Создание водохранилищ в рассматриваемых странах началось в средние века в таких районах, как Богемия, Чехия, Силезия, Гарц, Саксония.

В Польше водохранилища стали сооружать также с XIII—XIV вв.; из них до настоящего времени эксплуатируются 10. В 30-х годах XX в. на территории Польши было около 9 тыс. подпорных сооружений (почти все они образовали пруды). До второй мировой войны сооружено 7 водохранилищ, в том числе 2 средних (Отмухув и Рожнув). На территории нынешней ГДР первые водохранилища появились в XVI—XVII вв. в Рудных горах, в районе Фрейбурга (Гроссхарменсдорф и др.) и в Гарце (Тойфельстайх, Грос-Зиберштайн и др.) (Ander, 1982).

В ЧССР до настоящего времени эксплуатируются водохранилища, созданные еще в XIV—XVI вв. (Дворжиште, Иордан, Харузицки, Станьковски, Рожмберк). По данным Я. Буличека (1969), в ЧССР в XVI в. общая площадь прудов и водохранилищ составляла 1800 кв. км; использовались они главным образом для рыболовства. В последующие столетия большинство водохранилищ было спущено. Современный этап создания водохранилищ начался в ЧССР в XX в.; до второй мировой войны было сооружено более 20 водохранилищ.

Но основная часть водохранилищ в рассматриваемых странах создана после второй мировой войны в результате быстрого социально-экономического развития ГДР, ПНР и ЧССР; в ГДР объем водохранилищ увеличился более чем вдвое, в ПНР — в 6 раз, в ЧССР — почти в 15 раз. В настоящее время в каждой из стран имеется свыше 100 водохранилищ суммарным полным объемом: в ГДР — 1,4 куб. км, в ПНР — 3,6 куб. км, в ЧССР — 4,6 куб. км; большинство из них используется комплексно.

Велико значение водохранилищ для водоснабжения в ЧССР — около половины от общего потребления из поверхностных источников. Вода часто забирается и из зарегулированных рек с увеличенными меженными расходами (Эльба и Заале в ГДР, верхние течения Вислы и Одры в ПНР). Некоторые водохранилища созданы для конкретных крупных потребителей: Жерманице — для нового металлургического завода им. Готвальда, Нехранице — для крупной тепловой электростанции и химических заводов, Ружин — для восточнословацких металлургических заводов в Кошице, Желивка — для водоснабжения Праги, водохранилища в бассейне р. Шпрее — для крупных ТЭС.

Гидроэлектростанции имеют относительно небольшой удельный вес в выработке электроэнергии (5—10%). В ЧССР наиболее важны каскады ГЭС на Влтаве и Ваге, в ПНР — ГЭС в Карпатах, в ГДР — ГЭС в Рудных горах.

Из-за большой неравномерности стока рек водохранилища очень важны для уменьшения наводнений. В ГДР именно для этих целей сооружены водохранилища Блейлох, Хоэнварте, Раппбоде, Эллингсхаузен; в ЧССР такая задача решается несколькими более крупными водохранилищами (Липно — рис. 128, Вигорлат, Липтовска Мара и др.). Существенна противопаводковая роль других водохранилищ на реках Влтаве, Ваге, Дунайце и др. Например, на р. Влтаве соотношение минимальных и максимальных расходов воды изменилось следующим образом: в 1954 г. (до создания каскада) — 1:31, в 1963 г. — 1:12, в 1964 г. — 1:9; это происходит и за счет срезки пиков паводка, и в связи с повышением меженных расходов. Значительно противопаводковое влияние водохранилищ на Дунайце, Одре, Сане, Висле, Западном Буге в ПНР.

Каскад на р. Влтаве (рис. 129) позволил создать Лабско-Влтавский водный

128. Водохранилище Липно-1 — один из регуляторов стока р. Влтава (Чехословакия)



129. Приплотинный участок водохранилища Слапы на р. Влтава (Чехословакия)

130. Водозабор на водохранилище Шанце на р. Остравица (Чехословакия)





путь (III и IV классы по международной классификации) протяженностью 285 км (Ванчура, 1977); после завершения строительства гидроузла Габчиково улучшатся условия судоходства на этом участке Дуная; для питания построенного в начале XX в. Гливицкого канала ныне в Польше созданы водохранилища Дзежкно и Лабендех, для навигационных попусков в р. Одру — водохранилища Отмухув на р. Ныса-Клодска и Турава на р. Мала-Панев. Очень большое значение для судоходства имеют подпорные бьефы, создаваемые шлюзами; так, в ГДР, обладающей сетью внутренних водных путей протяженностью 2600 км, сооружено более 100 шлюзовых гидроузлов.

Большинство водохранилищ используется для спортивного рыболовства, а многие из них и для промышленного. Наиболее традиционно рыбохозяйственное использование водохранилищ в Чехословакии; кроме них есть еще и 8 тыс. прудов общей площадью 42 тыс. га, которые в 1980 г. дали 16 тыс. т рыбы. В последние десятилетия неуклонно расширяется рекреационное значение водохранилищ, особенно в ГДР, где создают специальные рекреационные водохранилища (Ильм-Вольрозе, Раушенбах) в Рудных горах и в бывших карьерах буроугольных бассейнов.

В настоящее время возникает необходимость создания водохранилищ также для орошения земель. В ПНР орошается более 200 тыс. га, в ЧССР — 150 тыс. га, ожидается увеличение орошаемых площадей до 1 млн. га (Ванчура, 1977). В Тюрингии (ГДР) для этих целей проектируется система из 23 водохранилищ (43 млн. куб. м).

Водохранилища сосредоточены в основном в горах и на возвышенностях (рис. 130, 131), где находятся и многие промышленные районы ГДР, ПНР и ЧССР; в ЧССР размещение водохранилищ несколько более равномерное. На



131. Среднегорное водохранилище в ГДР

равнинах ГДР и ПНР водохранилищ почти нет, однако и здесь очевидна тенденция к их созданию в связи с интенсивным промышленным развитием.

В рассматриваемом регионе больших водохранилищ нет, средних — немного (в ГДР — 4, в ПНР — 12, в ЧССР — 11). Максимальный объем водохранилищ: в ГДР — 0,2 куб. км, в ПНР — 0,5, в ЧССР — 0,7 куб. км, а площадь — соответственно 14, 70 и 48 кв. км. Глубина не более 50—60 м (исключение — Раппботе, Хоэнварта в ГДР, Солина в ПНР, Орава, Орлик в ЧССР — до 100 м), длина — до 12 км в ГДР и до 15—20 км в ПНР; в ЧССР более значительна протяженность водохранилищ на Влтаве, созданных высокими плотинами: Орлик — 68 км, Липно-I — 48, Слапи — 44 км.

Общая площадь водохранилищ в ГДР нами оценивается в 160 кв. км, в ПНР — 600, в ЧССР — 350 кв. км. Затопление земель составило 0,13 (в ГДР) и 0,50 (в ЧССР) процента их территории. Из приведенных данных видно, что влияние водохранилищ на окружающую среду имеет локальный характер. Последствия подтопления в сколько-нибудь заметных масштабах сказываются на берегах более значительных равнинных водохранилищ (Влоцлавек, Дембе, Шпремберг, Габчиково-Надьмарош и др.). На предгорных и горных водохранилищах в результате интенсификации оползней и осыпей наблюдается переформирование берегов, но его размеры незначительны. В водохранилищах ГДР, ЧССР и ПНР заметны некоторые изменения качества вод при зарегулировании стока.

Для предотвращения анаэробных процессов в глубоких слоях водохранилищ (гиполимнионе) в ГДР широко используют глубинную аэрацию воды с помощью специальных аппаратов, работа которых резко снижает содержание в воде сероводорода, марганца и железа (Клаппер, 1978).

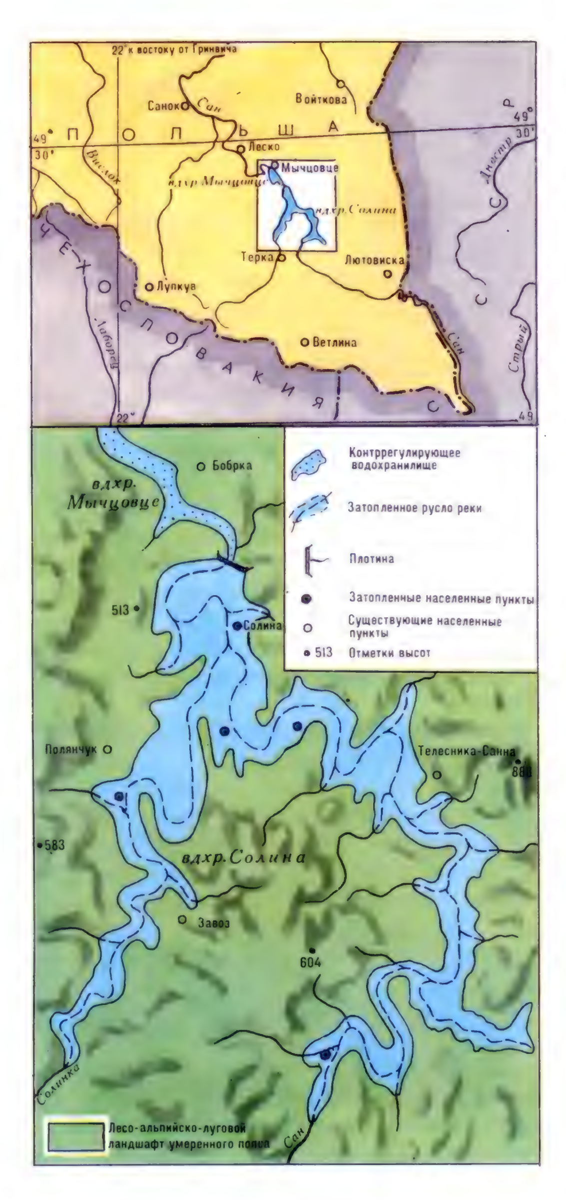
В целом считается, что плотины и водохранилища, если при их строительстве учитывались природоохранные требования, оказывают большое положительное влияние на ландшафт — уменьшают ущербы от наводнений, улучшают режим стока многих рек и т. д. (Zaruba, 1968).

При создании водохранилищ на Влтавском и Важском каскадах широко используется инженерная защита, сооружено несколько контррегулирующих и буферных водохранилищ, проведены противоэрозионные меры на прилегающих территориях, осуществлено их ландшафтно-архитектурное благоустройство, тщательно очищаются зоны затопления.

При подготовке некоторых водохранилищ — Орлик, Липтовска Мара, Желивка, Тресна, Солина и др. (рис. 132) — были проведены значительные работы по переселению жителей и восстановлению сотен домовладений, переустройству железных и автомобильных дорог (например, на Важском каскаде — 22 км с устройством 15 мостов) и т. п. В интересах рекреации на некоторых гидроузлах сооружены специальные шлюзы и судоподъемники для пропуска туристских и спортивных судов. Строительные поселки возводятся с расчетом размещения в них в будущем учреждений отдыха.

Социально-экономическое развитие рассматриваемых стран предопределяет необходимость дальнейшего регулирования стока. Чтобы удовлетворить потребности в воде, в ГДР, например, необходимо соорудить еще десятки водохранилищ. В ЧССР к 2000 г. намечается создать более 40 водохранилищ суммарным объемом 1,7—1,8 куб. км (Ванчура, 1977).

Аналогичные задачи стоят перед водным хозяйством ПНР, в том числе



132. Водохранилище Солина на р. Сан (ПНР)

регулирование карпатских рек, завершение энерготранспортного каскада на Висле и др.

ВОДОХРАНИЛИЩА ВНР, СРР, НРБ

Венгрия, Румыния и большая часть Болгарии располагаются в трех областях Альпийско-Карпатской страны: на Среднедунайской низменности, в Карпатах и на Стара-Планине, Нижнедунайской равнине. Лишь южная часть Болгарии относится к Македонско-Родопской подобласти Европейского Средиземья. В этом регионе сухой жаркий климат, относительно небольшое количество атмосферных осадков при значительном испарении. Реки большей частью относятся к придунайскому типу, т. е. характеризуются очень неравномерным режимом стока, коротким весенним половодьем и сильными дождевыми паводками. Указанные особенности обусловливают значительное развитие такого крупного водопотребителя, как ирригация, и острую необходимость в противопаводковых мероприятиях, а малые запасы минерального топлива побуждают к всемерному использованию гидроэнергоресурсов.

Все эти факторы и способствовали созданию водохранилищ в этих странах. Специфическая черта водного хозяйства здесь — высокий удельный вес в водном балансе транзитного стока р. Дунай (в Венгрии — до 94%), который формируется в значительной степени за пределами этих стран; поэтому очень сложна задача управления режимом Дуная.

Почти все водохранилища созданы после второй мировой войны. Согласно данным Мирового регистра плотин, в настоящее время в Венгрии имеется 5 водохранилищ суммарным полным объемом 0,9 куб. км, в Румынии — соответственно 74 и 6,6 куб. км, в Болгарии — 82 и 5,8 куб. км. Однако указанный источник не дает полного представления о количестве и объеме всех водохранилищ. Так, по последним данным, в Болгарии более 300 водохранилищ суммарным объемом 7,1 куб. км, очень много малых водохранилищ в Румынии.

Водохранилища гидроэлектростанций относятся к числу самых емких; для ирригации наряду с крупными используются и многочисленные малые водохранилища и пруды. Возрастает роль водохранилищ в водоснабжении (преимущественно небольших). Почти все более или менее значительные водохранилища используются комплексно (рис. 133).

В ВНР гидроэлектростанции не будут иметь существенного значения в энергоснабжении страны даже после ввода в действие строящейся на пограничном с ЧССР участке Дуная гидроэлектростанции Габчиково-Надьмарош; на долю Венгрии приходится 440 МВт мощности. В Румынии имеются крупные ГЭС — Джердап, Изворул-Мунтелуй (рис. 133), Лотру и др.; к 2000 г. намечается довести мощность ГЭС до 13 млн. кВт большей частью за счет строительства каскадов ГЭС и водохранилищ на реках Дунай, Олт, Арджеш и др. (Jorgulescu, 1980). В НРБ ГЭС с водохранилищами обеспе-



133. Схема каскада на р. Бистрице (Румыния)

чивают выработку примерно 10% электроэнергии; возможно дальнейшее развитие гидроэнергостроительства.

Большой ущерб хозяйству ВНР и СРР наносят наводнения, поэтому многие водохранилища имеют противопаводковое значение. Так, наводнение 1970 г. (когда уровни воды превысили на 1 м максимальные уровни за предыдущие 100 лет) нанесло Румынии ущерб в 23 млрд. лей; было повреждено около 1 млн. га пашни (в целом продукция сельского хозяйства страны снизилась на 15%), затоплено полностью или частично 800 населенных пунктов. В этом же году ущерб в 7,7 млрд. форинтов был нанесен Венгрии — повреждено 57 тыс. га сельхозугодий.

Однако даже в таких экстремальных условиях водохранилища сыграли свою положительную роль: гидроузел Тисалек на р. Тисе с небольшим водохранилищем позволил отвести паводковые воды в Хортобадьскую степь. Более крупное водохранилище — Кишкёре — помогает бороться с наводнениями в среднем течении Тисы. Велика противопаводковая роль водохранилищ на р. Бистрице (Изворул-Мунтелуй и др.), а также водохранилищ Джердап, Искыр (защитило от наводнений Софийское поле), Жребчево, Михайловград и др.

Объем имеющихся водохранилищ не позволяет, однако, полностью управлять паводками, поэтому разработаны планы осуществления больших противопаводковых мероприятий; в Румынии из 34 куб. км перспективного объема водохранилищ 10 куб. км будет предназначено для борьбы с наводнениями (Иоргулеску, 1977).

На значительных площадях (сотни тысяч гектаров в каждой стране) орошение производится за счет аккумулированного стока, поскольку в вегетационный период воды в реках мало. Водохранилища Жребчево, Антонивановцы, Видрару, Изворул-Мунтелуй, Костешты-Стынка, Кишкёре и др. позволяют оросить более 100 тыс. га земель каждое.

Некоторые водохранилища региона имеют важное значение для судоходства. В первую очередь это относится к водохранилищу Джердап, которое затопило порожистый участок Дуная с быстрым течением в ущелье Джердап (Железные Ворота). Ранее пропускная способность участка, несмотря на прокладку каналов и постоянные дноуглубительные работы в скальных грунтах, не превышала 12—14 млн. т грузов. В составе гидроузла Джердап построено два двухступенчатых шлюза (на каждом берегу) общей пропускной способностью (при современном флоте) 46 млн. т; правобережный шлюз пригоден для морских судов грузоподъемностью до 5 тыс. т. На нижележащем участке Дуная при минимальном расходе 2 тыс. куб. м/с обеспечивается глубина 4,5 м. Таким образом, благодаря созданию водохранилища Джердап исчезли все прежние ограничения и существенно повысились меженные уровни ниже гидроузла. Значительно улучшились условия судоходства и на р. Тисе в ВНР и СФРЮ, в низовьях рек Арджеш, Олт, Жиу, Прут.

Водой из водохранилищ обеспечивается большинство крупных городов региона. Специальная система водохранилищ и водоводов создана для снабжения водой Черноморского побережья; водохранилища Камчия, Ясна Поляна и др. обеспечивают подачу воды (7,5 куб. м/с) для 9 городов, 170 селений, 22 курортных комплексов с населением 1,2 млн. человек.

Воздействие на окружающую среду водохранилищ ВНР, СРР и НРБ относительно невелико. Водохранилища эти большей частью средние и небольшие (за исключением Джердапа на Дунае и Изворул-Мунтелуй на Бистрице объемом соответственно 5,1 и 1,2 куб. км); площадь их не превышает 20—30 кв. км (Джердап — 320 кв. км, Кишкёре — 127 кв. км), протяженность по реке — 25—35 км (Джердап — 230 км, Кишкёре — 100 км), глубина не более 50 м

134. Водохранилище Антонивановцы в Болгарии

135. Водохранилище Джердап на Дунае в районе Белграда



гулирующих сток водохранилищ более существенны в НРБ, где их полезный объем составляет около 25% среднегодового стока рек без учета Дуная; в СРР это отношение равно примерно 10%, в ВНР еще меньше. Положительные последствия уменьшения наводнений для природной среды намного превышают нежелательные изменения.

Заметно изменился в регионе режим твердого стока, им обусловлено заиление водохранилищ и размыв русл ниже плотин. В НРБ и СРР интенсивно заносятся многие водохранилища, причем



(горные водохранилища Видрару, Лотру, Изворул-Мунтелуй, Черна, Гура и др. в СРР, Доспат, Антонивановцы (рис. 134), Кырджали, Белмекен, Кричим в НРБ глубиной 80—200 м).

Переформирование берегов незначительно. Из-за большой сработки водохранилищ уровень грунтовых вод поднимается лишь изредка. В НРБ более актуальны, например, проблемы борьбы с фильтрацией в обход плотин и в соседние долины.

Изменения природной среды ниже ре-

существенная часть наносов отлагается в полезном объеме, уменьшая его величину (в водохранилище Студен Кладенец — 67%, Александр Стамболийский — 51%). Уменьшение стока воды при отводе ее в деривационные туннели приводит к необходимости специальных попусков воды (как, например, ниже водохранилища Изворул-Мунтелуй и других на р. Бистрице, ниже водохранилища Искыр). В результате трансформации режима и сокращения объема речного стока наблюдаются неблагоприят-

Таблица VIII-8
Нарушение в хозяйстве при создании некоторых водохранилищ

Водохранилище	Площадь зеркала, кв. км	Затопление земель, тыс. га: всего	Затопление земель, тыс. га: в т. ч. сельско-хозяйственных	Затронуто домовладений, тыс. ед.	Переселено жителей, тыс. чел.	Затронуто дорог, км: железных	Затронуто дорог, км: автомобильных
Джердап	320	10,4	6,2	3,5	23	24	160
Изворул-Мунтелуй	30	3,2	3,1	2,3	19	—	. . .
Габчиково-Надьмарош	51	10,0	7,0	. . .	. . .	. . .	. . .

ные последствия в дельтах некоторых рек; в дельте р. Камчия сокращается площадь дельтовых озер и болот с соответствующими изменениями в экосистемах. Та же участь может постичь дельту Дуная.

В то же время создание большого числа водохранилищ благоприятно сказалось на растительном и животном мире, поскольку над акваторией и на прилегающей территории смягчился микроклимат, улучшились условия для водоплавающих птиц и водных животных. Создание водохранилищ Студен Кладенец, Ивайловград, Камчия способствовало появлению здесь серебристой чайки, резко увеличилась численность черного и обыкновенного аиста, цапли. Число зимующих птиц — уток, гусей — резко возросло. Очень важную роль водохранилища стали играть в формировании путей перелетов птиц. Через НРБ, например, проходят две важнейшие перелетные трассы: западночерноморская и струмская.

Из всех водохранилищ региона наибольшие нарушения в хозяйстве причинили самые крупные — Джердап, Изворул-Мунтелуй, Кишкёре, Габчиково-Надьмарош и др. (табл. VIII-8).

Сложная система сооружений, направленных на уменьшение размеров затоплений, возводится на гидроузле Габчиково-Надьмарош на Дунае; гидроузел состоит из нескольких плотин и дамб обвалования, двух ГЭС, деривационного канала.

При строительстве гидроузла Джердап помимо плотины, шлюзов и ГЭС сооружены десятки километров защитных дамб, преимущественно путем усиления и наращивания существовавших прежде противопаводковых валов; создана система дренажа и насосных станций. Были переустроены и защищены различные сооружения в Белграде (рис. 135). Смедерево, Панчево и др. (Djordjevič, Puriš, 1970). На побережье водохранилища создана система новых благоустроенных населенных пунктов, путей сообщения, рекреационных объектов и т. п., которые привели к значительному улучшению условий жизни и отдыха местного населения и многочисленных приезжих отдыхающих. В очень трудных условиях проходило строительство нового участка железной и автомобильной дорог в ущелье Джердап. Эти дороги стали главной туристской трассой красивого участка долины Дуная. При подготовке этого водохранилища восстановлены на незатопляемом берегу часть знаменитой римской дороги Траяна и другие памятники; на остров Симион в нижнем бьефе перенесено и восстановлено старинное турецкое укрепление Ада-Кале; проведены тщательные археологические раскопки.

5. ВОДОХРАНИЛИЩА ЮЖНОЙ ЕВРОПЫ

Южная Европа, охватывающая Португалию, Испанию, Италию, Югославию*, Албанию, Грецию и европейскую часть Турции, располагается в пределах Пиренейской, Апеннинской и Балканской областей Европейского Средиземья; лишь северная часть Югославии лежит в границах Альпийско-Карпатской горной страны.

Для этого региона характерны жаркий

* По гидрометеорологическому режиму и водохозяйственным условиям водохранилища Югославии и Албании целесообразно рассматривать в регионе Южная Европа (в соответствии с существующим гидрологическим районированием; Черногаева, 1971).

климат, преимущественно гористый рельеф, расположение на полуостровах, вдающихся в Средиземное море, и островах, более позднее развитие промышленности. Очень неравномерны выпадение осадков, режим речного стока. Осадки колеблются в пределах от 1500 мм и более на северо-западе Испании и Динарском нагорье до 300—500 мм в ряде равнинных районов Испании, Италии, Югославии и Греции.

Недостаточная в целом обеспеченность атмосферными осадками и неравномерный режим их выпадения в сочетании с необходимостью орошения большей части земель обусловливали потребность в регулировании стока в интересах ирригации, борьбы с наводнениями, водоснабжения, а бедность Южной Европы топливными ресурсами предопределила интенсивное использование значительных гидроэнергоресурсов. Все это привело к созданию большого количества водохранилищ, которому благоприятствовали топографические и геологические условия большинства районов — узкие горные долины, сложенные прочными скальными породами. Именно в этом регионе были созданы первые в Европе водохранилища.

ВОДОХРАНИЛИЩА ИСПАНИИ И ПОРТУГАЛИИ

Реки Испании и Португалии относятся к средиземноморскому типу, который характеризуется большими уклонами, зимним максимумом стока (что благоприятно для гидроэнергетики), очень неравномерным режимом — частыми наводнениями, паводками в периоды дождей и маловодьем в засушливые периоды.

Ряд водохранилищ был создан здесь еще в эпоху владычества Римской империи, из которых до настоящего времени эксплуатируются ирригационные водохранилища Просерпина и Корнальбо (в области Эстремадура). Несколько водохранилищ было создано в XV—XIX вв. (World Register..., 1976). С начала XX в. в Испании и после первой мировой войны в Португалии создание водохранилищ пошло более быстрыми темпами, вначале в основном в связи с использованием гидроэнергоресурсов, а затем и для целей ирригации, хозяйственно-бытового и промышленного водоснабжения.

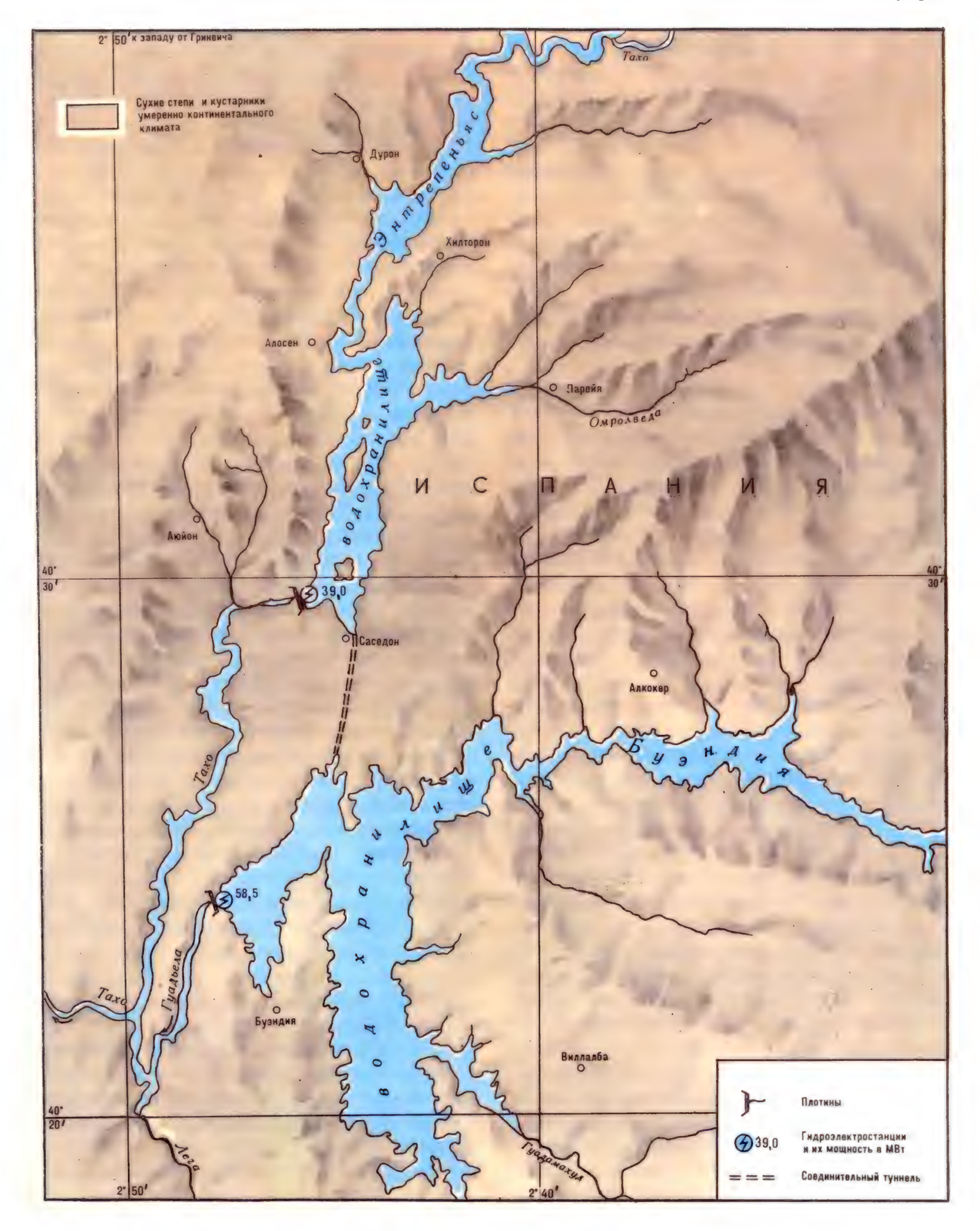
В Испании имеется более 400 водохранилищ с суммарным полным объемом около 45 куб. км, полезным — 35 куб. км и площадью 2100 кв. км (около 0,4% ее территории). В Португалии свыше 60 водохранилищ суммарным полным объемом 10 куб. км; их полезный объем может быть оценен примерно в 8 куб. км, а площадь зеркала — в 450 кв. км (0,5% территории страны). Таким образом, Пиренейский полуостров можно считать самой «водохранилищной» частью зарубежной Европы; на Испанию и Португалию приходится почти $^1/_5$ общего количества водохранилищ Европы и более $^1/_4$ их полного объема (при доле их в территории Европы 12%).

Таблица VIII-9

Использование водохранилищ Испании и Португалии (по данным World Register ..., 1976)

Страна	Важность использования	Всего водохранилищ	В том числе: гидроэнергетика	ирригация	водный транспорт	водоснабжение: коммунальное	водоснабжение: промышленное	сохранение воды	рекреация
Испания	Основное	—	145	167	—	68	11	4	2
	Дополнительное	—	79	9	—	37	6	12	1
	Итого	397	224	176	—	105	17	16	3
Португалия	Основное	—	41	17	—	—	—	—	—
	Дополнительное	—	10	1	3	3	—	—	—
	Итого	58	51	18	3	3	—	—	—
Итого	Основное	—	186	184	—	68	11	4	2
	Дополнительное	—	89	10	3	40	6	12	1
	Всего	455	275	194	3	108	17	16	3

Из данных табл. VIII-9 видно, что в Испании в связи с более засушливым климатом удельный вес ирригационных водохранилищ значительно выше, чем в Португалии. Общая площадь орошения земель в Испании еще в 1970 г. составляла 2,3 млн. га, или 11% площади обрабатываемых земель (не считая малопродуктивных лугов и пастбищ). Главные массивы орошаемых земель концентрируются в бассейнах Эбро, Гвадалквивира и рек Средиземноморского бассейна; в меньшей степени орошение развито в бассейнах Гвадианы, Тахо и Дуэро.



136. Схема водохранилищ Энтрепеньяс и Буэндия в бассейне р. Тахо (Испания)



137. Схема водоснабжения Барселоны из водохранилищ на р. Тер (Испания)

На орошаемых землях выращиваются почти все цитрусовые, рис, зерновые, сахарная свекла, картофель и кормовые культуры. В Португалии орошение сосредоточено в основном в южной половине страны. О значении отдельных крупных водохранилищ можно судить по соединенным туннелем водохранилищам Энтрепеньяс и Буэндия (рис. 136) с суммарным полезным объемом 2,2 куб. км, которые в перспективе позволят оросить 1,6 млн. га земель (Beraud..., 1971).

Водохранилища, предназначенные только для целей ирригации, преимущественно невелики по объему (в среднем 25 млн. куб. м), но для ирригации используется и большинство водохранилищ комплексного назначения (чаще всего в сочетании с гидроэнергетикой), объем которых в среднем превышает 200 млн. куб. м.

Гидроэнергетическое использование рек имеет большое значение в электроснабжении Испании и Португалии. При экономическом потенциале гидроэнергии Испании в 47—68 млрд. кВт · ч в 1977 г. выработан 41 млрд. кВт · ч. Наиболее значительные энергетические объекты — каскады ГЭС на реках Тахо (Тежу) и Дуэро (Дору), расположенные в пределах обеих стран, а также на реках Миньо, Навия, левых притоках Эбро в Испании, реках Зезири, Каваду, Ави в Португалии. Наряду с крупнейшими водохранилищами (Алькантара, Альмендра, Вальдеканьяс, Мекиненса, Кабрил и др.) для гидроэнергетики используются многие небольшие, преимущественно горные, водохранилища в Пиренеях, Галисийском массиве, Сьерра-Неваде и других горных районах, где большая мощность получается преимущественно за счет значительных (в сотни метров) напоров. Но следует отметить, что многие ГЭС на крупных реках имеют также большие напоры, поскольку реки Дуэро, Тахо, Гвадиана, Миньо имеют большое падение и на них созданы каскады глубоководных (до 60—110 м) водохранилищ. Для гидроэнергетики используется почти 300 водохранилищ.

В Испании создан ряд водохранилищ, преимущественно небольших (в среднем 25 млн. куб. м), в целях коммунального и промышленного водоснабжения; в последний период объем таких водохранилищ возрастает в связи с необходимостью снабжать водой более крупные объекты (тепловые и атомные электростанции, крупные города); для водоснабжения используется свыше 120 водохранилищ. Из водохранилищ снабжаются водой Мадрид (система водохранилищ на реках Лосоя, Мансанарес, Харама общим объемом около 0,9 куб. км, в том числе Атасар объемом 0,47 куб. км), Барселона (каскад водохранилищ на реках Тер, Карданер — рис. 137), Малага (система водохранилищ Гуадалорсе, Гаудальтеба и др. объемом около 0,4 куб. км), Валенсия (водохранилища на реках Турия, Хукар и др.), Севилья и др. В Португалии в связи с меньшим промышленным развитием и расположением в нижних течениях многоводных зарегулированных рек Дуэро, Тахо, Гвадиана водоснабжение из водохранилищ имеет меньшее значение.

Небольшое число водохранилищ аккумулируют воду в целях повышения меженных уровней и других нужд. Противопаводковая емкость водохранилищ в Испании невелика, поэтому борьба с наводнениями уступает по значению другим видам использования (Briones, 1971). Однако водохранилища комплексного назначения все же решают и противопаводковые задачи, так, например, ликвидированы наводнения в низовьях Дуэро и Тахо в Португалии.

Реки Испании из-за порогов, больших уклонов и скоростей течения практически не имеют значения для судоходства, в Португалии Дуэро, Тахо, Гвадиана всегда были судоходными, но резкое падение уровней летом создавало большие трудности для плавания судов. Пре-

вращение этих рек в каскады водохранилищ увеличило габариты водного пути в течение всего года. Так, на р. Дуэро гарантируется глубина 2,8 м, а шлюзы строятся в расчете на пропуск судов типа «река—море» с осадкой 3,2 м (Laurens, 1973).

В интересах рекреации в Испании создано лишь два водохранилища, но и многие другие используются для отдыха; косвенным показателем этого может служить широкая скупка земель на берегах водохранилищ во внутренних районах, где реки большей частью имеют быстрое течение и маловодны, а озера почти отсутствуют (Briones, 1971).

Больше всего водохранилищ в северо-западной и северной частях Испании, т. е. в бассейнах рек Эбро, Миньо, Дуэро и менее крупных рек, впадающих в Атлантический океан, что обусловлено использованием их богатых гидроэнергоресурсов, а в бассейне р. Эбро — еще и развитием орошения. Значительное количество водохранилищ есть и в центральной зоне Испании (бассейны Тахо и отчасти Гвадианы), где также преобладает их гидроэнергетическое использование при существенной роли ирригации и водоснабжения (район Мадрида). Сравнительно много водохранилищ, преимущественно ирригационных, на юге Испании, в бассейнах р. Гвадалквивир и небольших рек, впадающих в Кадисский залив. Наименее богата водохранилищами юго-восточная часть Испании. Отметим, что первое водохранилище появилось на Канарских островах. В Португалии распределение водохранилищ по территории более равномерно. По высотному положению водохранилища Испании относятся большей частью к предгорным и горным, водохранилища Португалии — к предгорным и равнинным.

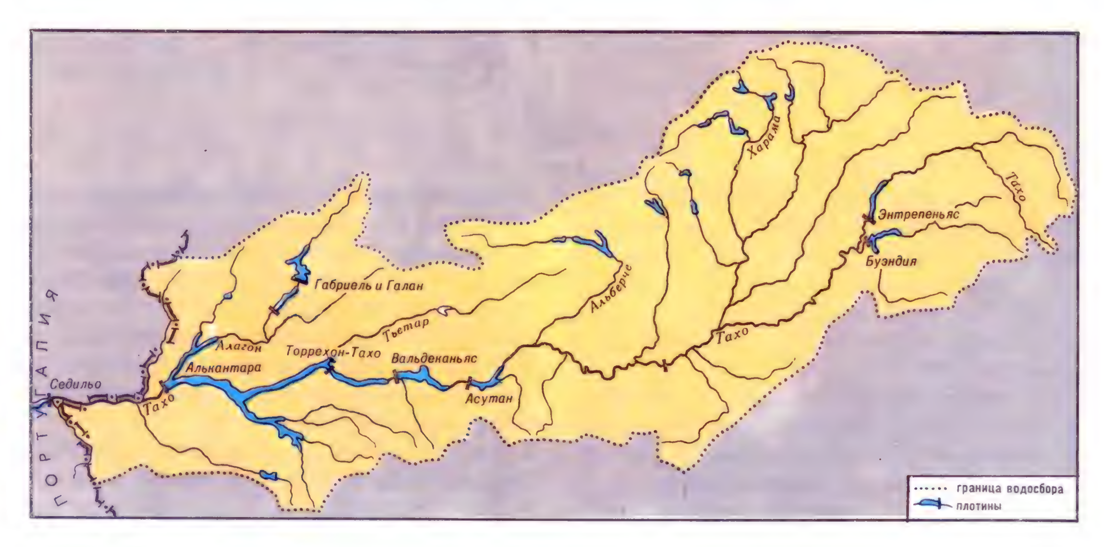
Большое количество водохранилищ, значительный (по отношению к речному стоку) их объем и наличие на ряде рек каскадов предопределили более существенное их влияние на окружающую среду, чем в большинстве стран Европы. В первую очередь следует указать на значительное изменение гидрографии и долинных ландшафтов обеих стран. На полуострове очень мало озер, причем они сосредоточены преимущественно на морских побережьях (лагуны), в дельтах больших рек и в высокогорной зоне Пиренеев (небольшие ледниковые озера). Поэтому появление сотен водохранилищ площадью от 1—2 до сотен квадратных километров (Алькантара — 105 кв. км, Алкева — 250 кв. км) существенно увеличило озерность большинства районов полуострова.

Вместе с тем суммарная площадь водохранилищ Испании и Португалии относительно невелика — 2,5—2,7 тыс. кв. км. Средние площадь и объем водохранилищ Испании больше среднеевропейских показателей примерно на $^1/_4$. Длина в большинстве случаев измеряется километрами, но у нескольких десятков из них она составляет от 10 до 50 км. Ширина не превышает 1—2 км, иногда достигая 4—5 км. Очень велики различия по максимальной глубине — от 10—15 до 150 м, причем глубину свыше 50 м имеют больше 120 водохранилищ.

При оценке влияния водохранилищ на окружающую среду нужно учитывать не только их размеры, но и весьма сложную морфометрию большинства из них, обусловленную большой горизонтальной и вертикальной расчлененностью рельефа. Многие водохранилища имеют сложную конфигурацию акватории, с извилистой береговой линией.

Создание каскадов водохранилищ существенно изменило ландшафтный облик долин рек Тахо, Дуэро, Эбро, Миньо, Гвадианы (в среднем течении) и ряда их притоков. Отразилось на ландшафте речных долин и увеличение меженных расходов рек. Неблагоприятны для облика речных долин такие явления, как значительная сработка водохранилищ, уменьшение водности отдельных участков горных рек при отборе воды в деривационные каналы и т. п. В целом же изменения ландшафта и гидрографии в результате создания водохранилищ оцениваются исследователями положительно (Fels, 1964; Briones, 1971; Dabeau, 1977; Garzon, 1979).

Воздействие плотин и водохранилищ на природу долгое время недооценивалось и в должной мере не учитывалось при проектировании. В настоящее время этому аспекту гидростроительства стали уделять большое внимание; в частности, длительное время по экологическим со-



ображениям не утверждается проект плотины Каньон-де-Анискло в провинции Уэска.

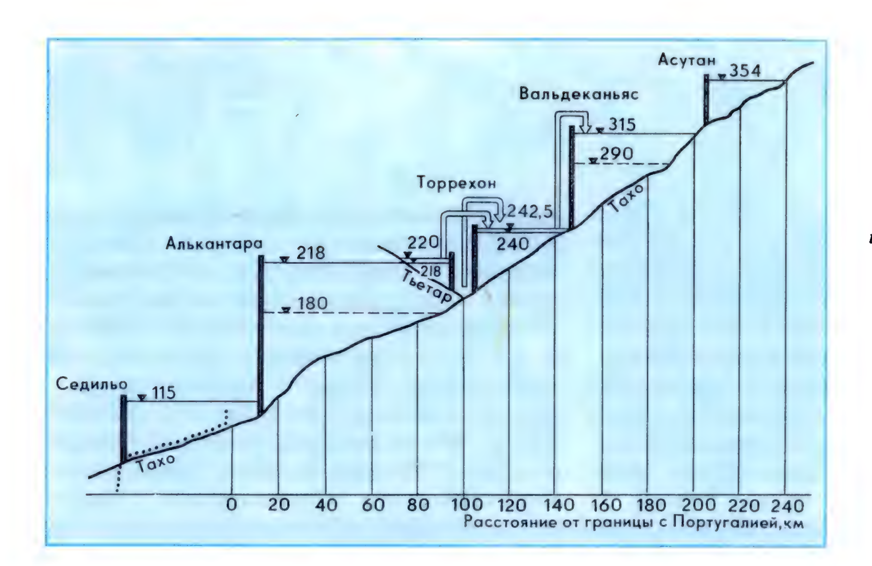
Существенно изменился гидрологический режим многих рек. Так, р. Тахо имела бурное течение с водопадами и порогами, расходы воды в ней колебались от 12 до 7000 куб. м/с. После создания водохранилищ она на протяжении от Толедо до устья р. Зезири превратилась в почти непрерывный каскад водохранилищ (рис. 138, 139). Расходы воды стали значительно более равномерными, хотя емкость водохранилищ в ее бассейне недостаточна для полной задержки паводков (Garzon, 1979). При этом режим уровней в отдельных водохранилищах имеет существенные различия: Асутан и Торрехон срабатываются незначительно, а Вальдеканьяс и Алькантара — на десятки метров. Осветление воды ниже плотин из-за задержки наносов в водохранилищах вызвало размыв пляжей некоторых участков португальского побережья океана. В районах с преобладанием более рыхлых пород, как, например, на юго-востоке Испании, на приатлантической низменности в Португалии, занесение и заиление водохранилищ существенно осложнило их эксплуатацию.

Влияние водохранилищ на гидрохимический и гидробиологический режимы рек происходит на фоне растущего антропогенного их загрязнения. Так, в бассейне р. Тахо, в котором проживает около 5 млн. человек и имеются крупные города, в том числе Мадрид, водохранилища значительно загрязнены органическими и биогенными веществами (Garzon, 1979). В результате многие из них относятся к евтрофному типу, т. е. характеризуются избытком биогенных веществ, интенсивным развитием водной флоры и фауны, нередко бурным размножением синезеленых водорослей. Ев-

Таблица VIII-10

Распределение водохранилищ Испании по трофности

Гидрографические области	*Типы водохранилищ по трофности*										*Всего водохранилищ*	
	олиготрофные		*олигомезотрофные*		*мезотрофные*		*мезоевтрофные*		*евтрофные*			
	количество	*%*	*количество*	*%*	*количество*	*%*	*количество*	*%*	*количество*	*%*	*обследованных*	*всех имеющихся*
Север	33	68	8	16	5	10	1	2	2	4	49	89
Дуэро	12	39	5	16	3	10	1	3	10	32	31	44
Тахо	3	6	4	8	12	25	—	—	29	61	48	108
Гвадиана	3	18	1	6	4	24	3	18	6	35	17	48
Гвадалквивир	2	5	7	17	11	26	8	19	14	34	42	69
Сегура	5	46	2	18	2	18	—	—	2	18	11	15
Хукар	5	22	4	17	3	13	7	31	4	17	23	38
Эбро	17	25	15	23	16	24	11	16	8	12	67	125
Восток	—	—	2	25	1	12,5	1	12,5	4	50	8	8
Всего	80	27	48	16	57	20	32	11	79	26	296	444



138, 139. Схема и продольный профиль каскада водохранилищ на р. Тахо в Испании

трофирование водохранилищ неодинаково в разных районах (табл. VIII-10) (Торре..., 1976).

Потери при затоплении ценных естественных (лесов, лугов, кустарников) и сельскохозяйственных угодий при создании водохранилищ незначительны, поскольку в долинах рек Пиренейского полуострова преобладают каменистые и другие малопродуктивные земли. Переформирование берегов происходит слабо, подтопление почти не проявляется вследствие преобладания водоупорных пород и больших колебаний уровня многих водохранилищ.

Влияние водохранилищ на микроклимат в условиях жаркого сухого климата в большинстве районов Пиренейского полуострова положительно и выражается в повышении влажности воздуха, уменьшении колебаний температуры, возникновении ветров типа бризов и т. д. Однако такое влияние сказывается в очень узкой полосе.

Пиренейский полуостров по развитию растительности отчетливо разделяется на северо-западную «влажную» часть, где имеются листопадные широколиственные леса, и юго-восточную «сухую» часть с выжженной травянистой и редкой кустарниковой растительностью, сухими горными пастбищами, местами с рощами из каменного и пробкового дуба. Поэтому воздействие водохранилищ на растительность неодинаково, а в целом оно незначительно из-за небольшой ширины зон их гидрогеологического и климатического влияния.

Небогат полуостров и животным миром, особенно крупными млекопитающими; более обильна фауна птиц, поэтому на ней в первую очередь сказывается влияние регулирования стока. В целом это влияние считают положительным, поскольку водохранилища нередко становятся местами их гнездования. Таковы, например, водохранилища Асутан и Торрехон на р. Тахо; здесь находится большая колония серых цапель и много других птиц, что послужило одной из причин частичного включения этих водохранилищ в национальный парк Монфрагуэ. На водохранилище Алькантара находится самая крупная в мире колония черных ястребов (Garzon, 1979).

О воздействии водохранилищ Испании и Португалии на антропогенные объекты окружающей среды в научно-технической литературе имеются скудные сведения. В среднем течении р. Тахо затоплено 20 тыс. га земель, часть из них использовалась в сельскохозяйственных целях. Из зоны затопления водохранилища Вальденаньяс полностью перенесен, а точнее, вновь построен пос. Талавера-ла-Вьеха и частично Эль-Гордо, (Martinez, 1979). Существенные нарушения вызвало создание водохранилищ Алкева и Карапателу в Португалии. В обеих странах большое внимание уделяется сохранению исторических памятников, обогащению флоры и фауны и созданию инфраструктуры в районах, богатых природными и историческими достопримечательностями, поскольку обе страны получают значительные доходы от иностранного туризма.

В связи с интенсивным социально-экономическим развитием обеих стран и необходимостью уменьшения таких вредных воздействий вод, как наводнения и маловодья, создание водохранилища будет продолжаться. Так, в Испании к 2000 г. только для ирригации предполагается создать 400 новых водохранилищ полным объемом 30 куб. км.

ВОДОХРАНИЛИЩА ИТАЛИИ

Италия — страна древнейшей цивилизации; хотя каких-либо сведений о водохранилищах этрусской и римской эпох не имеется, есть основания предполагать возможность их создания в древности.

В XIX в. построено лишь три небольших водохранилища для водоснабжения и ирригации, так что практически весь фонд водохранилищ страны создан в XX в., преимущественно после первой мировой войны (табл. VIII-11). В стране эксплуатируется и строится более 325 водохранилищ суммарным объемом почти 10 куб. км и площадью зеркала примерно 450 кв. км. Средний объем и площадь водохранилищ здесь — минимальные в Европе.

Основные цели создания водохранилищ претерпели существенные изменения. С начала XX в. главным было получение электроэнергии. В 1950 г. гидроэлектростанции выработали 32 млрд. кВт·ч, т. е. около $^{2}/_{3}$ всей электроэнергии, а в 1977 г. доля гидроэнергии снизилась примерно до 7% общей выработки. Степень использования потенциала гидроэнергоресурсов очень высока.

Гидроэнергетические водохранилища сооружались преимущественно в Альпах. Вначале они были очень небольшими; частично для этих целей использовано более 35 высокогорных озер (Link, 1970), причем некоторые из них — только путем периодической сработки естественного объема (Морто, Мольвено, Каведине, д'Идро, д'Авио), другие — за счет использования объема воды, полученного при подпоре (Резия, Верде, Венероло, Неро, Публино, Трона, Делла-Росса, Гойлет, Ваннино и др.) третьи — за счет того и другого (Санта-Кроче, Коста-Брунела, Байтоне, Саларно, Арно, Труццо, Кастел). Для гидроэнергетического использования горных рек в Италии, как и в других горных странах, характерно широкое применение деривационных схем и подвод стока из многих речек и ручьев. В последний период построено много гидроаккумулирующих электростанций с широким использованием естественных озер и существующих водохранилищ.

В последние два десятилетия наблюдается постепенное уменьшение темпов создания гидроэнергетических водохранилищ (их доля в общем объеме снизилась с 80% в 1950 г. до 57% в 1980 г.) и значительное расширение строительства гидроузлов в интересах ирригации и водоснабжения (их доля увеличилась соответственно с 0,3 до 24%), а также водохранилищ комплексного использования. Размещение водохранилищ по территории страны становится более равномерным (табл. VIII-12).

Много водохранилищ, в том числе почти все гидроэнергетические, располагаются в альпийской зоне (рис. 140).

Таблица VIII-11

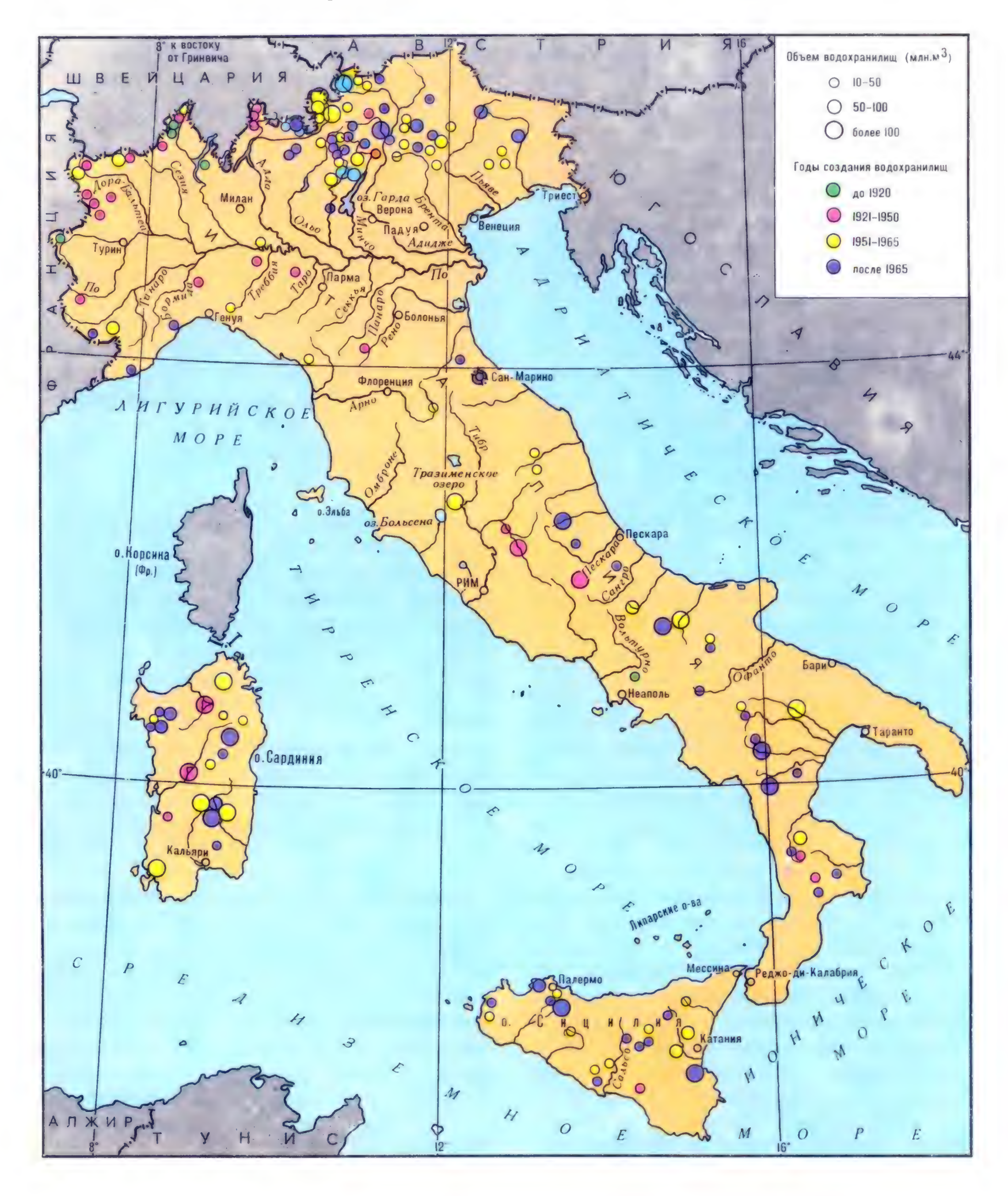
Динамика создания и использования водохранилищ Италии (по данным World Register..., 1976)

Назначение водохранилищ	Периоды создания водохранилищ: до 1950 г. — количество	до 1950 г. — полный объем, млн. куб. м	1951—1965 гг. — количество	1951—1965 гг. — полный объем, млн. куб. м	1966 г. и позже — количество	1966 г. и позже — полный объем, млн. куб. м	Всего — количество	Всего — полный объем, млн. куб. м	Всего — средний объем водохранилищ, млн. куб. м
Гидроэнергетика	108	2 175	88	2 569	9	451	205	5 195	25
Ирригация	3	22	19	803	32	1 385	54	2 210	40
Коммунальное водоснабжение	4	13	4	37	8	77	16	127	8
Промышленное водоснабжение	—	—	2	4	1	4	3	8	3
Борьба с наводнениями	1	10	—	—	2	94	3	104	35
Аккумуляция воды	—	—	3	317	2	160	5	477	95
Ирригация и энергетика	4	373	8	231	1	20	13	624	48
Прочие сочетания	5	75	6	29	2	51	13	155	12
Всего	125	2 668	130	3 990	57	2 242	312	8 900	28

За счет развития ирригационного строительства наблюдается сдвиг создания водохранилищ в более жаркие и менее обеспеченные водой центральные и южные районы Апеннинского полуострова, на Сицилию и Сардинию.

В центральной и южной частях Италии, где реки преимущественно короткие и маловодные, создано тем не менее значительное число водохранилищ объемом в десятки и сотни миллионов кубометров. Это вызвано необходимостью надежного водообеспечения орошаемых земель и населения в условиях неравномерного режима рек.

Параметры и морфометрические показатели водохранилищ Италии обусловлены прежде всего их размещением в горных долинах. Многие водохранилища имеют большую глубину, неболь-



140. Схема размещения водохранилищ Италии полным объемом более 10 млн. куб. м

Таблица VIII-12

Динамика создания водохранилищ в различных регионах Италии (по данным World Register..., 1976)

Регионы	Периоды создания водохранилищ								
	до 1951 г.		1951 — 1965 гг.		1966 — 1980 гг.		Всего		
	количество	полный объем, млн. куб. м	количество	полный объем, млн. куб. м	количество	полный объем, млн. куб. м	количество	полный объем, млн. куб. м	средний объем, млн. куб. м
Альпы	77	1 038	61	1 544	6	88	144	2 670	19
Апеннинский полуостров	36	865	43	1 138	26	1 359	105	3 362	32
Сардиния	8	736	16	990	11	280	35	2 016	57
Сицилия	4	29	10	318	14	515	28	862	31
Всего	125	2 668	130	3 990	57	2 242	312	8 900	28

шую ширину (не более 1—1,5 км) и длину (до 10 км) и соответственно относительно небольшую площадь; самые крупные из них образованы путем подпора предгорных озер, например Санта-Кроче — 7,8 км. км, Идро — 14,1, Резия — 6,6 кв. км. Близки к ним по размерам некоторые водохранилища менее гористых районов — Омодео и Когинас на о. Сардиния и др.

Наиболее глубоки альпийские водохранилища; глубину более 100 м имеют водохранилища Майна-ди-Саурис, Пьяве-ди-Кадоре, Санта-Джустина, Форте-Бузо, Канкано, Борегард, Фрера, Валь-Ноан, Валь-ди-Лей, Вилла-Таргиано, Альпе-Гера, Пиастра, Каприле, Ливинья.

Общая площадь пресноводных водоемов Италии существенно не изменилась, но в южных регионах (Сицилия, Сардиния, юг Апеннинского полуострова), а также в высокогорной части Альп многочисленные водохранилища значительно увеличили озерность территории.

Влияние водохранилищ заметно сказывается лишь на режиме самих рек, изменения природы на прилегающих территориях незначительны. Отложение в водохранилищах наносов вызывает их сильное занесение и усиление размывающей силы горных и предгорных рек, особенно непосредственно ниже плотин.

Очень важный аспект создания горных водохранилищ — надежное прогнозирование оползневых явлений. Недостаточный их учет может привести к катастрофическим последствиям, как это произошло, например, вскоре после наполнения самого глубокого в Италии водохранилища Вайонт: в его воды 9 октября 1963 г. внезапно и быстро (за 5 мин.) сползла огромная масса породы с горы Топ, вытеснив 300 млн. куб. м воды. Вызванная этим волна перехлестнулась через плотину и огромным валом с расходом до 4 тыс. куб. м/с (что равно летнему расходу Нижней Волги) ринулась вниз по узкой долине рек Вайонт и Адидже, вызвав гибель многих людей и большой материальный ущерб.

ВОДОХРАНИЛИЩА ЮГОСЛАВИИ, АЛБАНИИ, ГРЕЦИИ

Рассматриваемые страны располагаются в западной и южной частях Балканского полуострова, относящегося к Восточной Балканской области Европейского Средиземья (подобласти Шумавская, Македонско-Родопская, Динарский Запад, Греческая). Гористый рельеф региона, большое количество атмосферных осадков (с зимним максимумом) на западных склонах гор и их недостаток в восточных районах, жаркое лето, сезонная неравномерность речного стока, бедность топливными ресурсами послужили причиной регулирования стока в различных целях.

В силу того, что эти страны длительное время были аграрными окраинами Европы, почти все водохранилища созданы здесь в период после второй мировой войны; до этого имелось лишь несколько водохранилищ ирригационного и гидроэнергетического назначения на реках Драва (Фала, Дравоград, Мариборски Оток) и Соча (Доблар и Плаве-Идрия) в Югославии, питьевое водохранилище Марафон в Греции.

В настоящее время в Югославии имеется около 90 водохранилищ суммарным полным объемом свыше 11,5 куб. км и площадью примерно 700 кв. км, в Албании — более 20 объемом свыше 3,5 куб. км и площадью 160 кв. км, в Греции — 12 объемом 11 куб. км и площадью около 240 кв. км. Средний их объем значительно превышает среднеевропейские показатели, что обусловлено созданием преимущественно средних и крупных водохранилищ.

Строительство водохранилищ обусловливалось в основном интересами гидроэнергетики и ирригации; некоторое значение они имеют для водоснабжения и борьбы с наводнениями. Гидроэлектростанции вырабатывают значительную часть всей электроэнергии, например, в Югославии — почти 60%. Главными источниками гидроэнергии в Албании служат самые многоводные реки — Дрин и Мати, на которых созданы ГЭС Задье, Ульза и Шкопет (суммарная выработка электроэнергии более 1,9 млрд. кВт · ч в год) и сооружается ГЭС Фиерза с крупным водохранилищем.

Помимо собственных нужд использование гидроэнергоресурсов в Югославии стимулируется спросом на зимнюю выработку электроэнергии со стороны Италии, Швейцарии и Австрии, где производство электроэнергии на ГЭС, несмотря на потребление аккумулированной в водохранилищах воды, зимой ниже спроса. Наиболее мощная ГЭС — Джердап-I на Дунае с крупнейшим в Югославии и Румынии водохранилищем; ниже строится еще одна мощная ГЭС — Джердап-II.

Для Югославии характерно создание каскадов ГЭС и водохранилищ (табл. VIII-13). Значительные трудности имеются в использовании гидроэнергоресурсов карстовых зон Динарского нагорья, Альп (опасность утечек воды из водохранилищ и необходимость сложных противофильтрационных мероприятий и др.); вместе с тем создание водохранилищ позволяет устранить неустойчивость гидрологического режима рек, развивать орошение, уменьшить наводнения, в том числе затопление польев (межгорных котловин с выходами карстовых вод), и увеличить тем самым ограниченные земельные фонды региона. Например, объем временных водоемов в Поповском поле достигал 900 млн. куб. м (при глубине до 40 м), а площадь — десятков квадратных километров, в Дабарском поле — 200 млн. куб. м и т. д.

Для Греции также характерно создание каскадов ГЭС, например на р. Ахелоос и ее притоках Мегдовда и Крикопиотикос (ГЭС Кремаста — 437 МВт, Полифитон — 360 МВт, Тавропос — 120 МВт).

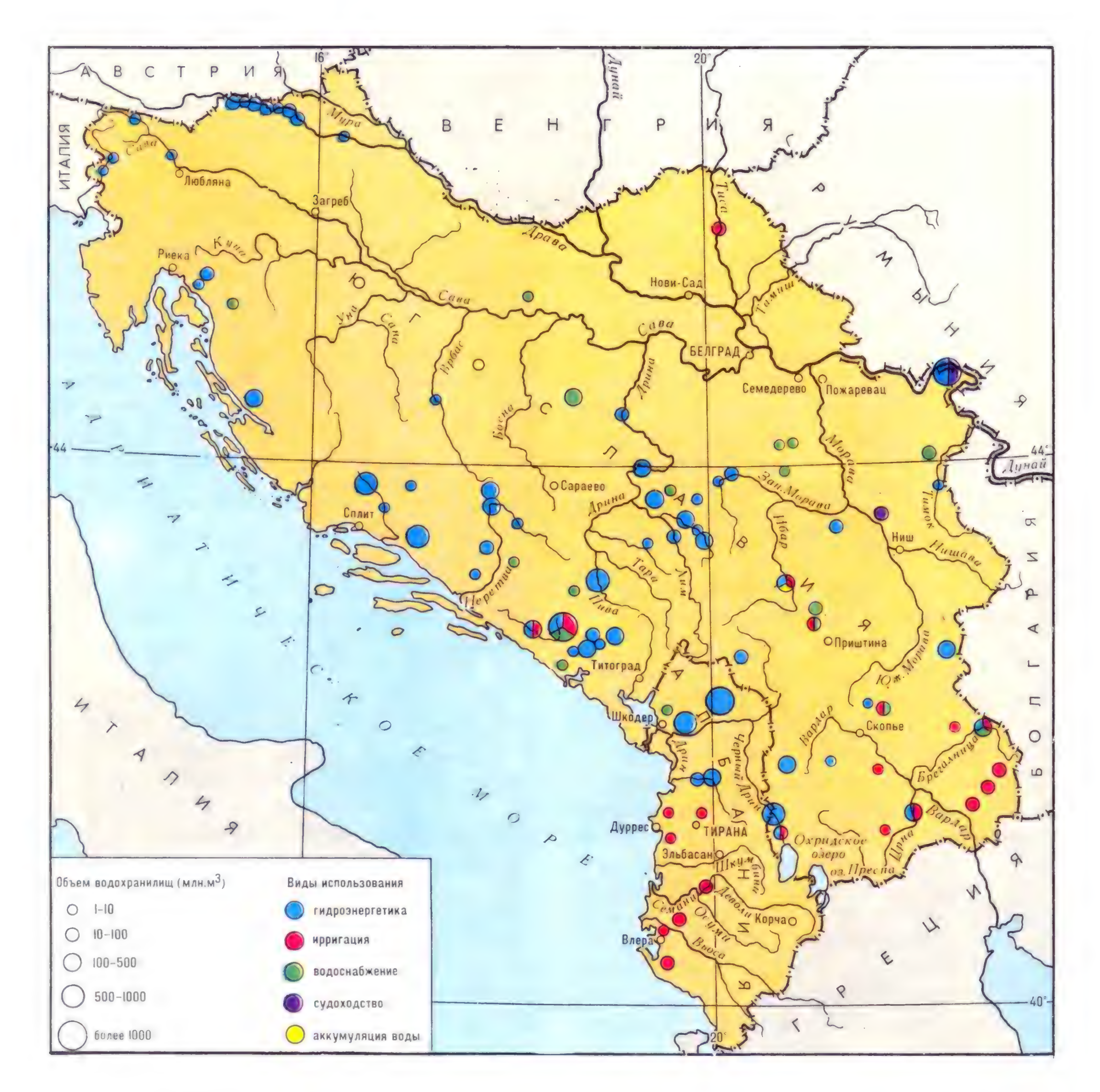
Все большее значение водохранилища приобретают для орошения земель. В Албании орошается около $^{1}/_{3}$ обрабатываемых земель, в Греции — примерно $^{1}/_{5}$ (0,6 млн. га); в Югославии меньше доля обрабатываемых земель преимущественно в Македонии, Боснии, Черногории, Воеводине.

Единственным в своем роде может стать проектируемое водохранилище в заливе Арголинос на Пелопоннесском полуострове. Здесь предполагается отчленить дамбой участок морского дна, где выходят мощные источники пресной воды (до 10 куб. м/с) из закарстованных пород полуострова. Соленая морская вода будет постепенно вытеснена пресной, в результате чего может быть образовано водохранилище емкостью 300 млн. куб. м, из которого воду намечается под-

Таблица VIII-13
Показатели каскадов ГЭС и водохранилищ Югославии

Реки	Количество ступеней	Полный объем, млн куб. м	Полезный объем, млн. куб. м	Подпор на плотине, м	Мощность ГЭС, МВт
Драва	8	89	60	9—45	445
Неретва (с Рамой)	2	805	756	80—90	304
Дрина (с Пивой)	3	1 309	1 010	35—200	896
Увац	2	440	350	70—100	124
Требишница	2	1 300	1 160	30—110	177
Черный Дрин	2	580	100	80—100	122

141. Схема размещения водохранилищ Югославии и Албании

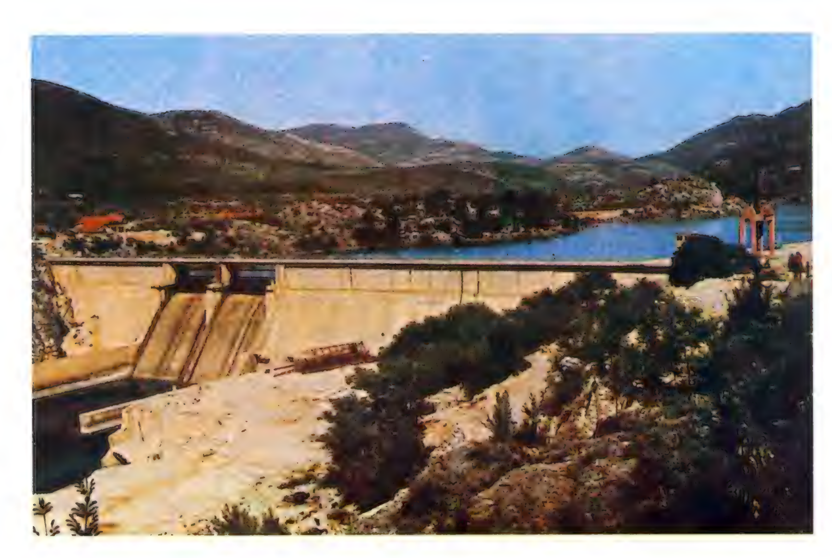


нимать насосами на берег и орошать в Арголиде 30 тыс. га (Droscha, 1972).

Для коммунального и промышленного водоснабжения в регионе относительно мало водохранилищ, поскольку многие большие города используют для этих целей крупные реки (Дунай, Сава, Стримон, Дрин и др.) и подземные воды. В Югославии для водоснабжения водохранилища созданы преимущественно в предгорьях, где реки маловодны. В Греции имеется практически одно такое водохранилище — Марафон, снабжающее водой г. Афины.

Как уже упоминалось, огромное значение для улучшения условий судоходства и увеличения грузооборота на Дунае имеет водохранилище Джердап, а для развития сквозного судоходства на р. Тисе — водохранилище Тиса вблизи г. Нови-Бечей. Сезонное и частично многолетнее регулирование стока имеет некоторое значение в борьбе с частыми наводнениями. В регионе создаются небольшие водохранилища для рекреации, как, например, Летай (6 млн. куб. м) в Хорватии и Златибор (3,5 млн. куб. м) в Сербии. Многие, в том числе почти все средние и крупные, водохранилища одновременно используются в интересах 2—3 отраслей хозяйства.

Географическое размещение водохранилищ (рис. 141) характеризуется следующими особенностями. В Югославии



142. Плотина и водохранилище Горица — часть каскада на р. Требишница (Югославия)

большая часть водохранилищ сосредоточена на Динарском нагорье в бассейнах рек Драва, Неретва, Требишница (рис. 142), Цетина, Зета (западный склон), а также Черный и Белый Дрин и Вардар (восточный склон); небольшие водохранилища имеются в отрогах Альп на реках Драва, Сава, Соча. На остальной территории водохранилищ немного. В Албании почти все водохранилища расположены также на Динарском нагорье, в Греции — преимущественно в долинах массива Пинд и гор Пелопоннесского полуострова.

В соответствии с указанными особенностями размещения для большинства водохранилищ характерны морфологические и морфометрические признаки горных и предгорных водохранилищ: большая глубина (чаще до 50—70 м, иногда до 100 м и более), небольшая длина (обычно до 10—15 км, иногда до 25—35 км), площадь преимущественно до 15—20 кв. км и лишь у самых крупных достигает десятков квадратных километров. Очертания большинства горных водохранилищ разнообразны по форме: извилистые, в соответствии с изгибами речной долины (например, Зворник и Байна Башта на р. Дрина, а также водохранилища Тиквешко, Златанско, Ябланица, Кремаста, Ладон, Фиерзе и т. д.), или простые — в долинах малых рек; округлые или немного удлиненные — в польях карстовых районов Динарских гор, узкие и длинные — в каскаде низконапорных гидроузлов на Драве.

Водохранилища не вызывают значительных изменений в окружающей среде.

Площадь их составляет доли процента от территории этих стран, а речной сток не претерпел в целом значительных изменений. Вместе с тем местные условия в зонах влияния водохранилищ изменились, и зачастую весьма существенно. Если не считать крупных озер Шкодер, Охридское, Преспа, то в Югославии и Албании озерность территории существенно выросла, водоемы озерного типа появились во многих, особенно горных, районах; это привело к значительному изменению местного ландшафта. Вместо неширoких порожистых рек, текущих по дну долин и ущелий, возникли относительно широкие (до 0,5—1 км) и длинные (до 10—15 км) водоемы, над которыми формируется специфический микроклимат; изменяются береговые процессы, состояние прибрежных почв, растительности, животного мира. В Греции, где озер больше, общие изменения в ландшафте страны в результате создания водохранилищ не столь ощутимы, но преобразования местного ландшафта очень заметны.

На реках с каскадами водохранилищ природа изменилась на протяжении десятков и сотен километров. Дунай и Драва потеряли естественный облик и режим на протяжении 200 км, Дрина и Дрин — на протяжении многих десятков километров. Значительно преобразит речную долину каскад строящихся

и проектируемых гидроузлов на р. Арактос в Греции.

Водохранилища региона затопили сравнительно небольшие площади (за исключением водохранилища Джердап на Дунае), и их воздействие на хозяйственные объекты было незначительно: этому способствовала слабая освоенность ряда горных долин. В некоторых случаях масштабы нарушений хозяйственных объектов определяли выбор створов гидроузлов, подпорных отметок водохранилищ и т. п. Так, крутые берега узкого ущелья р. Альякмон (Греция) позволяли соорудить очень высокую плотину, но при ее строительстве ограничились высотой 105 м, поскольку дальнейшее ее повышение привело бы к затоплению большого массива сельскохозяйственных угодий и населенных пунктов.

Возрастают также требования к охране природной среды. Например, в Греции без экологической экспертизы не утверждается ни один проект строительства гидроузлов. В Югославии водохранилище Джердап эксплуатировалось вначале с пониженной отметкой в целях выявления и устранения непредусмотренных отрицательных последствий подпора реки, затем уровень воды подняли до НПУ.

Некоторые водохранилища нарушили сейсмическую обстановку: так, наполнение водохранилища Кремаста, по мнению ученых Афинского сейсмологического института, стало причиной землетрясения в номе Эвритания, разрушившего 41 населенный пункт (Bengelsdorf, 1972). Изменения геодинамических условий отмечены также при наполнении водохранилищ Марафон, Билеча и др.

Глава девятая

ВОДОХРАНИЛИЩА ЗАРУБЕЖНОЙ АЗИИ

1. ПРИРОДНО-ХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ

Азия (без СССР) занимает территорию почти 30 млн. кв. км. Три четверти ее — горы и плоскогорья. Грандиозные горные системы Памира и Тянь-Шаня, Кавказа и Загроса, Алтая, Саян и Сихотэ-Алиня — орографические барьеры, оказывающие существенное воздействие на климат.

Огромная протяженность суши с запада на восток и с севера на юг, наличие по-разному ориентированных орографических барьеров создают большое разнообразие условий атмосферной циркуляции и климата. На большей части зарубежной Азии климат континентальный, на юге и юго-востоке — тропический.

Азия расположена в пределах следующих климатических поясов: умеренного (резко континентального и муссонного), тропического (субтропического средиземноморского, муссонного, пустынного) и экваториального. Летние муссоны обильно увлажняют Индостан, Южные Гималаи и Индокитай. Осенью вблизи восточных берегов Азии часто проходят тропические циклоны (тайфуны).

Различия в количестве годовых осадков по территории Азии достигают 100 раз (от 5000 до 50 мм). На приморских наветренных горных склонах на юге и востоке Азии выпадает до 8000—12 000 мм осадков в год. В Индии (штат Ассам) в Черапунджи зарегистрирован «мировой рекорд» годового количества осадков, когда выпало 22 900 мм, т. е. слой осадков составил почти 23 м. Во многих других районах Азии испарение превышает величину выпадающих осадков.

Гидрологический режим территории также отличается резкими пространственно-временными колебаниями, особенно в районах с муссонным климатом. Здесь за два месяца проходит 80% годового стока. Слой стока колеблется от единиц до нескольких тысяч миллиметров. Полный объем стока Азии превышает 10 тыс. куб. км. Большая его часть сосредоточена в крупных речных системах, уступающих по водности только Амазонке и Конго. В Тихий океан впадают

Хуанхэ, Янцзы, Сицзян, Меконг, Менам; в Индийский океан — Салуин, Иравади, Брахмапутра, Ганг, Инд, Шатт-эль-Араб (слияние Тигра и Евфрата). На континенте есть области внутреннего стока, а ряд районов Аравийского полуострова, Передней и Центральной Азии (Такла-Макан, Гоби, некоторые области Тибета) совсем не имеют постоянного поверхностного стока.

Реки Азии обладают огромными гидроэнергоресурсами, их экономический гидроэнергопотенциал составляет, по разным данным, от $^1/_4$ до $^1/_3$ общемирового.

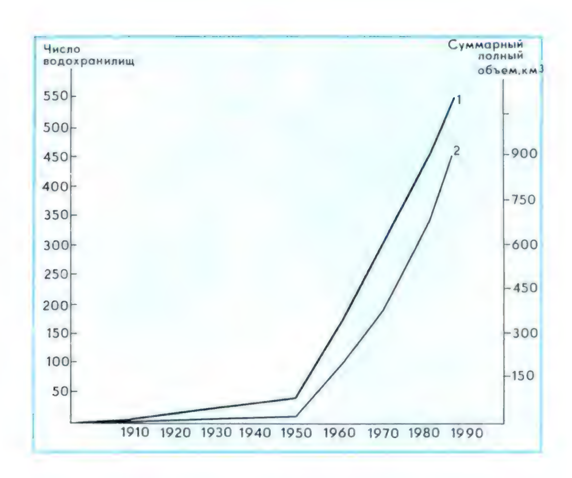
Как и на других континентах, здесь имеются существенные природно-хозяйственные предпосылки для регулирования стока и создания водохранилищ. В Азии, где проживает половина населения земного шара, они выражены особенно остро. Огромное количество продовольствия, необходимого для обеспечения более чем двухмиллиардного ее населения, может быть получено только на основе высокоинтенсивного сельского хозяйства, базирующегося на ирригации. Большие тепловые ресурсы в бассейне Меконга (Индокитай), на полуострове Индостан, на островах Малайзийского архипелага позволяют получать несколько урожаев в год, вести круглогодичное сельскохозяйственное производство. В ряде районов водные ресурсы — лимитирующий фактор. Тезис «вода — это жизнь» особенно справедлив для территории Азии.

С другой стороны, нигде в мире нет таких обширных пространств, где бы избыток воды приводил к таким катастрофическим последствиям. Ежегодно в результате катастрофических наводнений затопляются десятки миллионов гектаров обрабатываемых земель, гибнут тысячи людей. Ущерб, причиняемый хозяйству, оценивается в миллиарды долларов. Таким образом, в Азии в числе природно-хозяйственных предпосылок создания водохранилищ на первый план выступают ирригация и борьба с наводнениями.

2. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДОХРАНИЛИЩ

Создание многочисленных небольших водохранилищ ирригационного назначения имеет здесь многовековую историю, но массовое строительство крупных и средних водохранилищ, как и на других континентах, началось в 50-х годах нашего столетия (рис. 143) и было обусловлено развитием производительных сил. По динамике прироста полного объема водохранилищ в 1950—1970 гг. регион уступал только Северной Америке, а в период 1971—1980 гг. вышел на первое место как по числу, так и по суммарному объему водохранилищ.

143. Динамика создания водохранилищ в зарубежной Азии
1 — число, 2 — объем

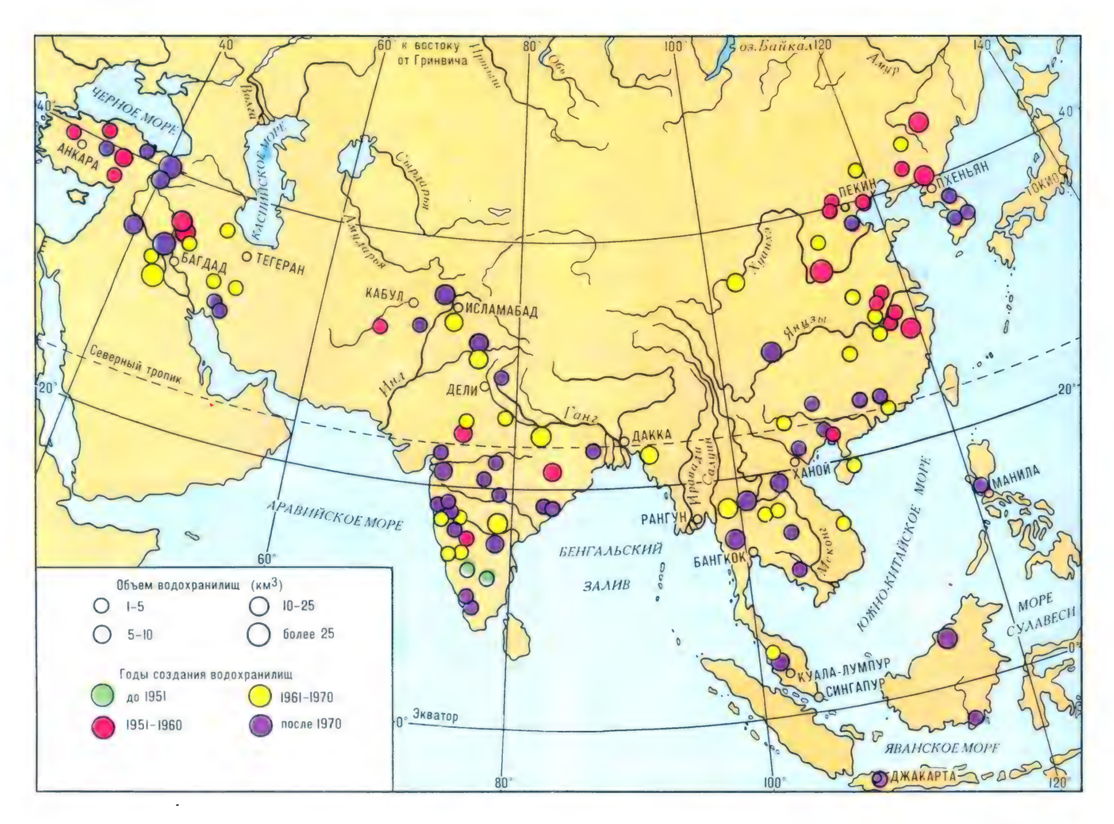


К началу 80-х годов в Азии было создано около 550 водохранилищ объемом каждое более 100 млн. куб. м, их полный суммарный объем достигает 900 куб. км. Общее число водохранилищ из-за отсутствия систематического учета по четким критериям в Китае и некоторых других странах даже приближенно оценить трудно, оно составляет не менее 15 тыс. Это объясняется тем, что в Южной, Восточной и Юго-Восточной Азии имеется огромное количество ирригационных водоемов (прудов, резервуаров, «танков» и т. п.), их вполне правомерно относить к водохранилищам в соответствии с установленными критериями.

Суммарный полезный объем водохранилищ — около 400 куб. км; увеличение устойчивого стока в Азии благодаря созданию водохранилищ в среднем составляет 20% с колебаниями по отдельным странам от 5 до 30%. Число водохранилищ объемом более 100 млн. куб. м от общего числа водохранилищ не превышает 3—4%, однако доля их суммарного объема достигает 90%.

Размещены водохранилища по территории неравномерно (рис. 144); в основ-

144. Схема размещения водохранилищ с полным объемом более 1 куб. км в зарубежной Азии



ном они сосредоточены в восточных районах, прилегающих к Японскому, Желтому и Южно-Китайскому морям, на полуостровах Индокитай и Индостан, по периферии Аравийского полуострова. Почти 70% количества и полного объема водохранилищ приурочено к умеренному и субтропическому природно-климатическим поясам.

По величине полного объема из числа эксплуатируемых к настоящему времени водохранилищ к категории крупнейших может быть отнесено только одно водохранилище (наливное из р. Тигр) — Вади-Тартар в Ираке объемом 73 куб. км и площадью 2 тыс. кв. км.

К очень крупным (объемом более 10 куб. км) относятся 33 (с учетом строящихся), к крупным (объем 1—10 куб. км) — 83, к средним (объем 0,1—1 куб. км) — 432 водохранилища.

Крупнейших по площади зеркала (более 5 тыс. кв. км) водохранилищ в Азии нет. Очень крупных — 11, среди них выделяется водохранилище Саньмынься на р. Хуанхэ в Китае площадью 2350 кв. км (объем — 35,4 куб. км). Крупных по площади (500—100 кв. км) — 32, средних (100—20 кв. км) — около 500 водохранилищ.

Суммарная площадь водохранилищ больше 100 кв. км равна 20 тыс. кв. км. Общая площадь водохранилищ Азии оценивается в 45—50 тыс. кв. км (0,16% территории).

По числу и объему водохранилищ выделяются Индия и Китай, они имеют близкие значения показателей фонда искусственных водоемов. На втором месте стоят Ирак, Турция, Таиланд, на третьем — Пакистан, Иран, Сирия, Вьетнам, Япония. Это главные «водохранилищные страны» Азии. Для каждой из остальных стран суммарный полный объем водохранилищ не превышает 10 куб. км; при этом необходимо подчеркнуть, что почти во всех, даже небольших, странах региона имеются водохранилища объемом более 100 млн. куб. м.

В Азии почти все средние и крупные водохранилища (более 80%) созданы на плоскогорьях в речных долинах, хотя в Юго-Западной Азии есть и несколько крупных наливных водохранилищ, заполненных водами рек Тигра и Евфрата. Их доля в суммарном полном объеме

достигает 10%. Озера-водохранилища, за исключением нескольких в Юго-Восточной Азии, не получили распространения. В последнее десятилетие большой интерес вызывают морские водохранилища, которые создаются во Вьетнаме, КНДР, Таиланде, Японии.

Бо́льшая часть водохранилищ осуществляет сезонное регулирование стока. Водохранилища многолетнего регулирования созданы на относительно немноговодных реках в аридных районах Западной Азии.

3. ХОЗЯЙСТВЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДОХРАНИЛИЩ

Ведущая функция водохранилищ, как уже указывалось, — их использование для ирригации и борьбы с наводнениями, а также и для гидроэнергетики. В отличие от других континентов гидроэнергетическое использование водохранилищ Азии не имеет пока ведущего значения; в 1980 г. из ста крупнейших гидроэлектростанций мира мощностью более 1 млн. кВт здесь имелось только три. Но число их растет с каждым годом. В 1983 г. среди 25 наиболее крупных ГЭС мира была и Гэчжоуба в Китае на р. Янцзы установленной мощностью 2,7 млн. кВт.

В настоящее время суммарная установленная мощность гидроэлектростанций зарубежной Азии — свыше 80 млн. кВт со среднегодовой выработкой электроэнергии около 320 млрд. кВт · ч. Примерно треть электроэнергии, вырабатываемой на ГЭС, производится в развивающихся странах. По отдельным странам доля гидроэлектроэнергии в энергобалансе изменяется от 10 (Афганистан) до 50% (Индия).

К 1980 г. в Азии орошалось около 130—140 млн. га земель; площадь их, согласно прогнозам, в 2000 г. должна составить 270—280 млн. га. Орошение не менее 40% всех этих земель стало (и будет) возможным благодаря созданию водохранилищ. Практически все водохранилища (более 98% от общего числа) используются для ирригации; крупные и средние из них сочетают эту функцию с гидроэнергетикой. Особенно крупные ирригационные системы (площадью каждая 300—500 и более тыс. га) созданы на базе водных ресурсов водохранилищ в Индии, Китае, Ираке, Сирии, Пакистане.

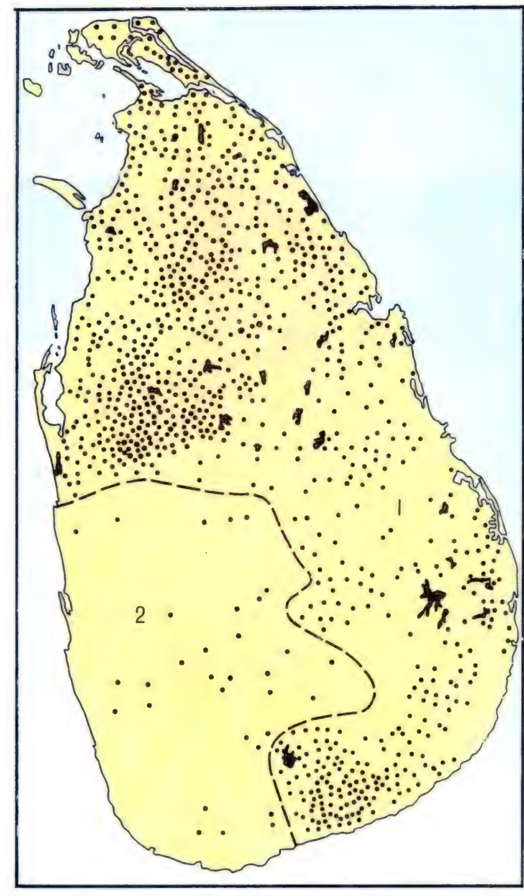
Не менее значительна роль водохранилищ зарубежной Азии для борьбы с наводнениями. Только в Индии средний ежегодный ущерб от наводнений составляет 1,5 млрд. рупий. Благодаря созданию водохранилищ общая площадь защищенных земель составила не менее 40 млн. га. Особенно развита сеть небольших и средних противопаводковых водохранилищ в Китае, Индии, странах Индокитая.

Использование водохранилищ для водоснабжения не получило существенного развития (не более 3—5% от общего числа), за исключением отдельных стран (Японии, Турции, Пакистана, Индии). В перспективе эта функция водохранилищ, в основном для промышленного и сельскохозяйственного водоснабжения, будет стремительно развиваться. По прогнозным оценкам, к 2000 г. в Азии ожидается самый высокий в мире объем водопотребления (в том числе до 60% безвозвратный), превышающий 3 тыс. куб. км и превосходящий Северную Америку в 2,5 раза, Европу — в 4,5, Африку — в 9, Южную Америку — более чем в 10 раз.

Основная причина незначительного использования водохранилищ для водоснабжения — отсутствие во многих странах (или недостаточное пока развитие) систем водоподготовки, соответствующих техническим и гигиеническим требованиям современных промышленных и питьевых стандартов. За исключением некоторых районов Индии, Китая, Таиланда, КНДР, Южной Кореи, незначительно и воднотранспортное использование водохранилищ.

Рекреационное использование водохранилищ не получило в Азии такого массового распространения, как в Северной Америке, Европе, Австралии. Однако по мере социально-экономического развития вопросам рекреационного использования водохранилищ в ряде стран стало уделяться большее внимание, например в Японии, Индии, Таиланде.

Комплексное использование водохранилищ начало развиваться лишь в последние годы. В Азии наберется не более двух десятков крупных и средних водохранилищ, имеющих в составе водохо-



145. Схема размещения водохранилищ и прудов в Шри-Ланка

Граница между аридной (I) и влажной (2) зонами

зяйственного комплекса более четырех отраслей хозяйства. Несколько водохранилищ комплексного назначения есть в Китае и в Индии, по одному-два — в Индонезии, КНДР, Турции.

В таких странах, как Индия, Китай, Шри-Ланка, Вьетнам, Кампучия, Лаос, существенное значение приобретают водохранилища для рыбного хозяйства. Наиболее продуктивны — небольшие ирригационные водохранилища, с каждого гектара которых ежегодно получают десятки, а в отдельных случаях сотни килограммов рыбы. Рыбохозяйственное значение водохранилищ особо ощутимо, если учесть, что основной источник животных белков (протеина) в большинстве стран Азии — это рыба. В ряде стран Индокитая и Индостана рыбное хозяйство на водохранилищах оказалось настолько доходным, что многие крестьяне предпочли его занятию сельским хозяйством.

В Азии пока не созданы крупные каскады гидроузлов и водохранилищ, за исключением каскада на р. Евфрат из шести крупных и средних водохранилищ, четыре из которых эксплуатируются, а два подготавливаются. Общий объем водохранилищ Евфрата составит почти 110 куб. м.

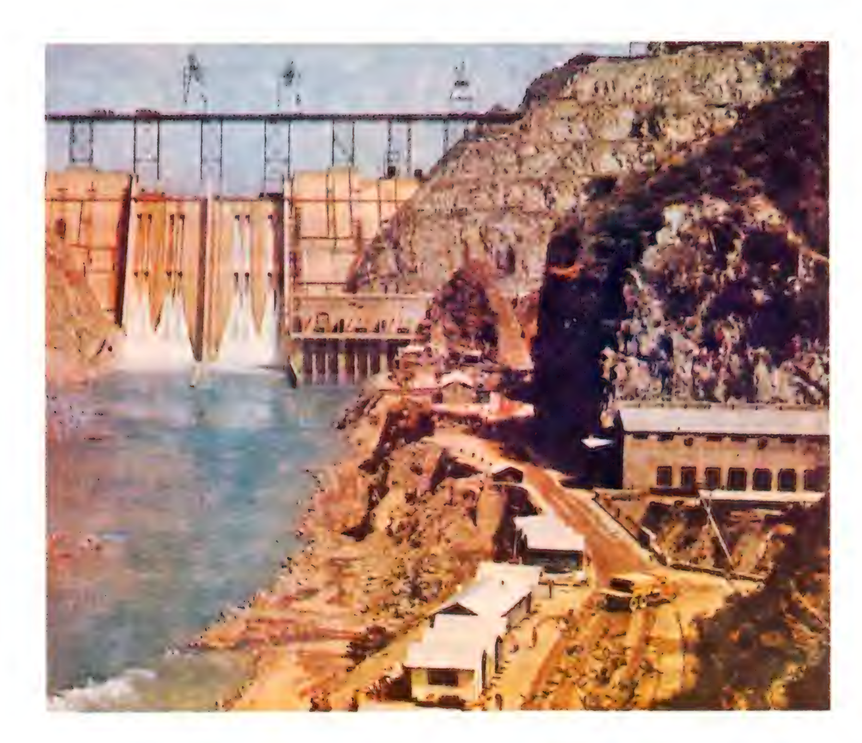
Для дальнейшего развития систем эффективных водохранилищ большое значение приобретает международное сотрудничество и договоры между Индией, Пакистаном и Китаем, странами бассейна Меконга.

4. ВОДОХРАНИЛИЩА И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА

Появление обширных водных поверхностей на площади 50 тыс. кв. км вместо территорий, занятых ранее лесами, болотами и сельскохозяйственными угодьями, в целом незначительно изменило коэффициент озерности огромных пространств зарубежной Азии. Если принять во внимание неравномерность размещения водохранилищ по территории, то оказывается, что изменения гидрографии в отдельных районах Индии, Китая, Турции, Пакистана, Ирака довольно существенны. В аридных районах Центральной и Западной Азии водохранилища — единственные постоянные пресные водоемы, так как природные озера в большинстве своем соленые, а местные реки (за исключением наиболее крупных) в сухие периоды не имеют стока. Заметно увеличился фонд пресноводных водоемов также и в странах с более влажным климатом и развитой гидрографической сетью, например в Пакистане, Таиланде, Лаосе.

Уникально в этом отношении изменение гидрографии территории в результате создания многочисленных искусственных водоемов в небольшой островной стране Шри-Ланка, расположенной в тропической зоне (рис. 145). Еще в прошлом десятилетии на о. Шри Ланка (прежде о. Цейлон) имелось более 10 тыс. водохранилищ общей площадью 2500 кв. км (Fernando, 1973). Благодаря их созданию коэффициент озерности территории увеличился в десятки раз, достигнув 4%. Это один из самых высоких показателей в мире.

В Азии в широких масштабах не проводились специальные комплексные исследования, позволяющие охарактеризовать весь спектр вопросов взаимодействия водохранилищ с окружающей средой. Прежде всего исследовались пробле-



146. Нижний бьеф гидроузла Бхакра на р. Сатледж, создавшего одно из крупнейших водохранилищ на Индостанском полуострове

мы заиления и зарастания водохранилищ, потерь на испарение, изменения санитарно-гигиенической обстановки (в основном применительно к малярии и шистоматозу), воздействия на инфраструктуру районов, где созданы водохранилища.

Большой интерес представляют результаты комплексных исследований некоторых водохранилищ Индии, особенно водохранилища Бхакра (Rao, Palta, 1973). Это водохранилище, называемое также Гобиндсагар, полным объемом 9,9 куб. км, полезным — 7,4 куб. км и площадью 168 кв. км создано в 1963—1967 гг. на р. Сатледж, притоке Инда, недалеко от г. Нангала (штат Прадеш).

Хозяйственная роль этого водохранилища, одного из первых в Индии, по своему комплексному назначению очень велика. Установленная мощность ГЭС — 1 млн. кВт, потенциальная площадь орошаемых плодородных земель в пустынных районах Пенджаба, Харьяна, Раджастхана составляет почти 1,5 млн. га, от наводнений защищено не менее 0,5 млн. га. Водохранилище улучшает условия навигации на участке реки длиной несколько сот километров, используется для рыбного хозяйства и рекреации. Регулирующее значение водохранилища для стока р. Сатледж (16,8 куб. км) достигает 45%. Плотину и водохранилище Бхакра Джавахарлал Неру назвал «современным храмом возрожденной Индии» (рис. 146).

Создание водохранилища Бхакра вызвало многообразные изменения окружающей среды, но главное — были полностью ликвидированы наводнения. В береговой зоне водоема заметно изменился микроклимат. Анализ данных по семилетним периодам наблюдений до и после создания водохранилища показывает, что средние максимальные температуры летом понизились на 4,1—4,3°, среднесуточные — на 1,5—3°. В холодное время года отепляющее воздействие водной массы водохранилища достигает 5—8°С. Температура поверхностных слоев воды в водохранилище повысилась по сравнению с рекой в холодное время года на 6—8°, а в теплое — на 1—2°С. Слой испарения с акватории водоема за год составил 1219 км, объем испарения — 123 млн. куб. м, или около 1,7% полезного объема.

Несмотря на то что водохранилище Бхакра создано в сейсмически активной зоне, наблюдения не показали заметного изменения сейсмического режима территории в период заполнения и эксплуатации водоема.

На ряде участков побережья имели место локальные оползни и обрушения, но их более вероятная причина — нарушения устойчивости береговых склонов в результате создания дороги.

В водохранилище задерживается 99% наносов, объем которых в разные годы колеблется от 16,4 до 51,7 млн. куб. м при изменении годового стока в диапазоне 12—16 куб. км (на 30%) за период наблюдений. Ежегодный объем заиле-

ния в среднем составляет только 0,05%. Это означает, что при сохранении современного гидрологического режима на территории водосбора срок существования водохранилища составит несколько сот лет.

Наиболее неблагоприятные изменения были вызваны, как это ни парадоксально, уменьшением содержания взвесей и значительным увеличением прозрачности воды в водохранилище. В результате в ирригационные каналы стала поступать осветленная прозрачная вода, и они начали интенсивно зарастать. Ранее из-за высокой мутности воды растительность в ирригационных каналах не развивалась. Ручная и механическая уборка растительности оказалась нерентабельной, по экологическим причинам не могли быть применены и гербициды. Наиболее радикальным средством борьбы с зарастанием каналов, отходящих от водохранилища (их общая длина почти 3 тыс. км), стало ежегодное осушение русел каналов на несколько суток, после чего растительность так интенсивно уже не развивалась.

По сравнению с рекой в водохранилище увеличилось содержание планктона (до 20 мг/л), особенно в верхней части водоема и в заливах по притокам с высоким содержанием хлорофилла. Интересно, что минерализация воды не высока — 200—400 мг/л, реакция водной среды — щелочная (pH 8—9), что не характерно для тропических водоемов. Объясняется это снежно-ледниковым характером формирования стока р. Сатледж. До зарегулирования в реке было 40 видов рыбы, после создания водохранилища видовое разнообразие уменьшилось, и наиболее благоприятные условия сложились для карповых рыб, которые стали основным объектом промысла. Ежегодно на водохранилище вылавливается 12—15 тыс. ц рыбы, создано несколько высокорентабельных карповых рыбных хозяйств.

Существенно и воздействие водохранилища и гидроэнергоузла Бхакра на инфраструктуру и социально-экономические условия района. В зону воздействия водохранилища попало 375 деревень с населением 36 тыс. человек, 62 деревни оказались в зоне затопления, остальные 308 затронуты в разной степени. Полностью был затоплен исторический город Биласпур (5 тыс. чел.), вместо него выстроили новый город. За земли, дома, плодовые деревья, колодцы населению была выплачена полная компенсация, на участках новых поселений созданы сельскохозяйственные угодья для производства пшеницы. Переселение было хорошо подготовлено, проходило поэтапно, организованно и не вызвало конфликтных ситуаций.

Поскольку созданная плотина оказалась помехой для имеющего вековую историю лесосплава ценных пород дерева (0,5 млн. куб. м бруса), добываемого в Гималаях, была организована перевалка леса с реки на канатную дорогу, откуда лес доставлялся по ней на расстояние 10 км до железнодорожной станции Нангал. Для этого смонтировано специальное оборудование, проложены новые дороги и мосты, построены рельсовые лесовозные дороги. В результате население Нангала, превратившегося в крупный лесоперевалочный центр, за несколько лет возросло до 60 тыс. человек.

По проекту не предусматривалось использовать водохранилище для водного транспорта, хотя развитие его здесь оказалось весьма эффективным.

Плотина и водохранилище Бхакра стали туристским центром международного значения (ежегодно до 250 тыс. посещений). Разработан и реализуется долговременный план развития этого туристского центра. Автодорога по обеим берегам водохранилища соединяет его с другими туристскими центрами рекреационного района внутренних Гималаев. На побережье водохранилища создается рекреационная инфраструктура, водохранилище используется для водного спорта — гребного, парусного, водно-лыжного и отдыха — купания, виндсерфинга.

Наиболее масштабный, хотя и косвенный вид воздействия водохранилищ на окружающую среду — изменение почвенно-мелиоративных условий на миллионах гектаров прежде периодически затопляемых земель, на которых ежегодно осаждались миллиарды тонн плодородного наилка. Именно это многовековое воздействие могучих азиатских рек Ганга, Брахмапутры, Янцзы, Хуанхэ, Меконга и других сделало

аллювиальные речные равнины Азии самыми плодородными в мире. Прекращение разливов паводковых вод и осаждение наносов в водохранилищах лишают сельскохозяйственные угодья ежегодного и дарового притока естественных удобрений, для компенсации которых рано или поздно необходимо применение искусственных минеральных удобрений, производство которых в достаточных количествах во многих развивающихся странах пока еще не налажено. Эту проблему, однако, нельзя рассматривать как отрицательное последствие создания водохранилища. Нельзя забывать про миллионы гектаров земель, на которые пришла вода для полива и стала возможной интенсивная хозяйственная деятельность, свободная от ограничений, вызванных опустошительными и подчас катастрофическими наводнениями. Проблема эта другого плана и связана с развитием интенсивного сельскохозяйственного производства, «зеленой революцией», которая по своей значимости в зарубежной Азии безусловно одна из первостепенных.

Крупные и средние реки Азии, особенно Восточной и Южной, несут огромное количество наносов, что вызывает интенсивные процессы заиления водохранилищ, особенно небольших, характерных для Индии и Китая. Ежегодная скорость заиления составляет от 0,05 до 1,4% полезного объема водохранилищ, причем она, как правило, уменьшается с увеличением водосборной площади (табл. IX-1). Эта закономерность характерна и для других регионов земного шара. Один из своеобразных «мировых рекордов» заиления установлен на водохранилище Саньмынься на р. Хуанхэ, которое за 6 лет потеряло 30% своего полезного объема (с 9,6 до 5,9 куб. км), в результате с 1964 г. выработка электроэнергии на ГЭС снизилась более чем на 70% (Biswas, 1982). Река Хуанхэ несет в своем среднем течении до 38 кг наносов на кубометр воды, а в море она ежегодно выносит 1,2 млрд. т наносов — больше, чем Амазонка.

Прогнозы скорости заиления, выполненные в проектах многих водохранилищ Азии, оказались заниженными в 1,5—2 раза, поскольку недостаточно учитывалось поступление продуктов разрушения и переформирования берегов, которые в первые годы дают до 50% поступающих в водохранилище твердых частиц.

Исследования переформирования берегов, особенно лёссовых, казалось, должны были получить большое развитие в Азии, однако они носили лишь эпизодический характер. В октябре 1981 г. обрушился берег ирригационного водохранилища Карнатака на юге Индии. Погибло 47 человек, были уничтожены несколько гектаров плодородных земель. Обрушение берега произошло в трех местах на участке длиной 1 км, в зоне 100 м от уреза воды. Причина оползня — интенсивные и продолжительные дожди.

Таблица IX-1

Заиление водохранилищ Индии (Varshney, 1970)

Название водохранилища	*Площадь водосбора, тыс. кв. км*	*Полный объем вдхр., куб. км*	*Объем стока в створе плотины, куб. км*	*Отношение объема вдхр. к объему притока*	*Ежегодные потери емкости, %*	*Объем насосов, поступающих в вдхр. со 100 кв. км водосбора, млн. куб. м*
Бхакра	56,8	9,87	19,7	0,50	0,57	0,08
Хиракуд	83,0	8,14	40,8	0,20	0,30	0,03
Гандисагар	22,6	7,75	4,7	1,65	0,05	0,02
Панчет	11,0	1,50	—	0,80	0,14	0,12
Маисон	6,3	1,36	3,0	0,45	0,60	0,16
Мануракчи	1,9	0,62	—	—	0,40	0,04
Мататила	20,7	1,14	4,9	0,22	0,70	0,03
Тунгабхадра	28,2	3,70	12,9	0,30	1,40	0,18
Ловер Бхавани	6,2	0,93	—	—	0,20	0,04

В результате осаждения наносов в водохранилищах Китая, Индии, стран Индокитая активно идет размыв речного русла в нижних бьефах гидроузлов.

Для многих тропических водохранилищ зарубежной Азии серьезной проблемой становится борьба с зарастанием их водным гиацинтом, который рассматривается и как источник повышенных потерь воды на испарение. Исследования, проведенные в Таиланде, Мексике, Бразилии, показывают, что потери воды на транспирацию для водного гиацинта превышают в 1,5—3 раза испарение с водной поверхности.

В отличие от водохранилищ тропической зоны на других континентах в тропических водохранилищах Азии не наблюдается резко выраженного явления химической стратификации с образованием обширных придонных сероводородных зон с анаэробными условиями. Для водохранилищ Азии характерна нейтральная или слабощелочная реакция воды с pH 7—8,5 единиц.

Хотя в целом строительство плотин рассматривается как отрицательный экологический фактор для видов рыб, совершающих протяженные миграции (лососевых, осетровых), образование водохранилищ, как уже отмечалось, может благоприятствовать созданию и формированию продуктивных популяций рыб. Ряд исследователей тропических водохранилищ Азии, отмечая негативные последствия зарегулирования стока для реофильных (речных) ихтиоценозов, тем не менее подчеркивают (Pantuly, 1973), что создание водохранилищ на тропических реках Азии выравнивает неблагоприятные для рыб резкие колебания среды (чередование наводнений и маловодья). Рыбы бассейна Меконга в большинстве своем хорошо приспособились к новым озерным условиям. Их продуктивность (около 30 кг/га) может быть увеличена не менее чем втрое при рациональном управлении экосистемами водохранилищ. Создание отдельных водохранилищ на тропических реках Азии для развития рыбного хозяйства оценивается положительно, а строительство каскадов водохранилищ в основном неблагоприятно воздействует на гидролого-экологический режим эстуариев и прибрежных участков морей.

В бассейне Меконга возникли идеальные условия для обитания болотных разновидностей хищников рода «murrel», они являются «прессом», снижающим численность популяции карповых рыб, наиболее распространенных в условиях водохранилищ.

Отложение наносов в водохранилищах имеет большое положительное значение для эксплуатации ГЭС: уменьшается износ турбин и другого оборудования. В США, например, ежегодно расходуется 500 млн. долл. на замену изношенного оборудования, эти затраты были бы гораздо большими без наносорегулирующей функции водохранилищ.

Большое внимание в Азии традиционно уделяется изменениям инфраструктуры и переселению населения. Положительное влияние оказывают гидроузлы и водохранилища на развитие промышленности и хозяйства во многих странах зарубежной Азии. Районообразующее значение водохранилищ и гидроузлов — бесспорный положительный и значительный фактор развития и улучшения социально-экономических условий.

Из зон затопления в Азии было переселено не менее 3 млн. человек, общие затраты на это составили несколько миллиардов долларов. Наибольшее внимание к созданию благоприятных социально-экономических условий для переселенцев уделялось в Индии. В более тяжелых условиях оказывались переселенцы в Пакистане, Таиланде.

В целом можно сказать, что только в последние годы в зарубежной Азии начинают получать развитие комплексные физико-географические, гидрологические и биологические исследования по оценке взаимодействия некоторых водохранилищ с окружающей средой. Результаты этих исследований учитываются в проектах гидроузлов и водохранилищ. В этой связи получило известность обращение в 1977 г. Всемирного фонда живой природы и Международного союза охраны природы к правительству Таиланда пересмотреть про-

ект строительства четырех ирригационных водохранилищ вблизи национального парка Кхао-Яй, расположенного в 200 км к северо-западу от Бангкока. В зону затопления попадали уникальные крупные массивы дождевых и листопадных горных лесов национального парка. Проект имел только техническое обоснование и совершенно не учитывал экологических последствий. Многочисленные возражения общественности Таиланда вызвало строительство гидроузла Намчоан, в соответствии с проектом которого в зону затопления попадали 140 кв. км тропических лесов, а также археологические памятники, пещеры с наскальными рисунками и ряд других достопримечательностей, связанных с ранней историей страны (Water Power..., 1983). Аналогичная ситуация сложилась с реализацией проекта небольшого (объем — 0,32 куб. км) водохранилища Сайлент-Вэллей в Индии (штат Керала), в зону затопления которого частично попадал уникальный тропический лес, один из последних лесных заповедников, сохранившихся в стране.

После 12-летних сомнений в целесообразности создания крупного гидроузла и водохранилища Тембелинг (длина — 53 км, площадь — 250 кв. км) в Малайзии было принято решение отказаться от строительства этого гидроузла, обусловленное необходимостью сохранить уникальные, последние в полуостровной Малайзии реликтовые тропические леса (подобные тем, которые были 140 млн. лет назад!). Хотя зона затопления охватывала только 10% лесов национального парка Таман-Негара, экологи после 10-летних исследований пришли к выводу, что это отрицательно скажется на 70% видов флоры и фауны, наибольшее разнообразие и обилие которых наблюдается на низменных участках местности. И в данном случае наблюдалась довольно редкая ситуация, когда «экономика помогла экологии». Одним из серьезных доводов против проекта было то, что ГЭС Тембелинг давала бы только 3% потребляемой в стране электроэнергии, в то время как выгода от развития туризма в этом районе в несколько раз превысила бы доходы от производства электроэнергии.

5. ВОДОХРАНИЛИЩА ВОСТОЧНОЙ И ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ*

Китай — одна из наиболее крупных по территории и крупнейшая по населению страна мира. Большая часть страны занята горами и плоскогорьями (низменности приурочены к побережью Желтого моря); климат умеренный и субтропический, лишь небольшая часть Южного Китая относится к тропикам. Для Восточного Китая характерен муссонный климат (500—2000 мм осадков) с четко выраженным сухим и влажным периодом, для Западного (200—500 мм осадков) — континентальный сухой климат с преобладанием полупустынных и пустынных ландшафтов. В Китае 1600 рек площадью водосборного бассейна свыше 1 тыс. кв. км. Лишь в северо-западной части страны реки маловодны, пересыхают, а на больших пространствах поверхностный сток отсутствует вообще. Среднемноголетний объем поверхностного стока Китая оценивается в 2784 куб. км. Наиболее крупные реки сосредоточены на востоке страны, в области муссонного климата. Это Янцзы, Хуанхэ, Сицзян, Миньцзян. Гидрологический режим их крайне неравномерный, летом на Янцзы, Хуанхэ, Хуайхэ нередки катастрофические наводнения.

Реки обладают огромными гидроэнергоресурсами. По их запасам (540—550 млн. кВт) КНР занимает первое место в мире. Это обстоятельство и необходимость ирригации и защиты от наводнений — одна из главных предпосылок создания водохранилищ.

На протяжении последних 4 тыс. лет, как позволяют судить археологические данные и исторические источники, население Китая постоянно сталкивается с необходимостью решения водных проблем, преодолением засух или борьбой с наводнениями. За последние 2200 лет отмечено 1100 катастрофических наводнений в различных речных бассейнах, т. е. в среднем каждые два

* Входящая в состав региона Монголия (МНР) не рассматривается в разделе, поскольку водохранилища в стране отсутствуют. В настоящее время разрабатываются планы строительства водохранилищ в горных районах.

года. Поэтому в Китае, по-видимому, раньше, чем где-либо на планете, начало проводиться в широких масштабах гидротехническое строительство — создание дамб, каналов и водохранилищ. К настоящему времени построено 160 тыс. км дамб и множество противопаводковых водохранилищ, что позволило в значительной степени решить проблему борьбы с наводнениями. Орошается 50 млн. га — половина пахотных земель. Они занимают около $^1/_{10}$ территории страны (100 млн. га).

Пожалуй, ни для одной страны мира не представляет такой сложности определение фонда водохранилищ, как для КНР. Это объясняется противоречивостью сведений, предоставляемых отдельными авторами и официальными источниками в разные международные организации.

В 1973 г. Китай прислал делегацию на Мадридский конгресс по большим плотинам, которая сообщила, что в КНР в период с 1949 по 1972 г. было построено 13 517 плотин высотой выше 15 м, из них 1150 плотин высотой 30—60 м и 46 плотин выше 60 м. По состоянию на 1973 г. в стране имелось 254 водохранилища объемом более 100 млн. куб. м каждое, 1300 — объемом 10—100 млн. куб. м. Но в Мировой регистр плотин были помещены в соответствии с требованиями стандартов для этого издания сведения только по 500 плотинам.

По другим данным, на конец 1977 г. в КНР было построено 300 водохранилищ объемом более 100 млн. куб. м, 1900 — объемом 10—100 млн. куб. м и 70 тыс. водохранилищ объемом менее 10 млн. куб. м (Natalas, Nordin, 1980). Очевидно, почти 85% от числа 70 тыс. малых водохранилищ — это водоемы объемом меньше 1 млн. куб. м, т. е. пруды противопаводкового и ирригационного назначения. В одной из недавних публикаций (Schalekamp, 1983) приводятся данные о наличии в КНР свыше 10 тыс. специальных противопаводковых водохранилищ. Можно полагать, что в КНР имеется около 10—12 тыс. водохранилищ объемом свыше 1 млн. куб. м.

Сведения о суммарном полном объеме водохранилищ Китая в разных источниках оказываются более близкими, чем число водохранилищ, и даются в диапазоне 360—400 куб. км. Таким образом, если по общему числу водохранилищ Китай занимает первое место среди стран мира, то по величине объема только пятое, уступая СССР, США, Канаде и Бразилии. Это означает, что создание крупных и средних водохранилищ шло не столь быстрыми темпами, как в других странах, хотя в Китае имеются особенно благоприятные по рельефу и топографии условия для создания крупных водохранилищ, с хорошими удельными соотношениями регулируемого объема на единицу площади затопления. И именно в Китае, учитывая специфику развития этой огромной страны, особенно велики предпосылки к строительству гидроэнергоузлов и водохранилищ для решения продовольственных и энергетических проблем.

Почти все водохранилища объемом более 100 млн. куб. м созданы после 1950 г.; их суммарный полный объем оценивается в 300 куб. км (75% объема всех водохранилищ), в то время как доля таких водохранилищ не превышает 3% от общего числа.

В Китае имеется около 40 водохранилищ объемом свыше 1 куб. км, в том числе к категории очень крупных относится 7 и к крупным — 33 водохранилища (рис. 147). Суммарная площадь акватории водохранилищ экспертно оценивается в 35—40 тыс. кв. км. Самым крупным из эксплуатируемых к 1985 г. водохранилищ по-прежнему остается уже упоминавшееся выше водохранилище Саньмынься на р. Хуанхэ (полный объем — 35,4 куб. км, площадь — 2350 кв. км). При его подготовке было переселено более 350 тыс. человек.

Большинство водохранилищ Китая расположено в умеренном и тропическом поясах. Наибольшее их количество сосредоточено в бассейне Хуанхэ. Крупные водохранилища используются комплексно — для ирригации, борьбы с наводнениями, гидроэнергетики, водоснабжения.

Из водохранилищ орошается 10 млн. га земель, 25 млн. га защищены от наводнений. Более 50% водопотребления



147. Гидроузел Шехси (КНР)

осуществляется из крупных и небольших водохранилищ. Общая длина судоходных трасс, где благодаря созданию водохранилищ навигационные условия улучшились, составляет в Китае не менее 2,5 тыс. км.

По сравнению с имеющимися потенциальными возможностями гидроэнергетическое значение водохранилищ невелико. В электроэнергобалансе страны гидроэнергетика занимает не более 25%, причем к 1980 г. насчитывалось только 20 ГЭС с установленной мощностью каждая более 250 тыс. кВт, а 85% всех ГЭС имели мощность лишь в несколько киловатт. Однако в последние годы в стране был взят курс на создание мощных и эффективных гидроэнергоузлов. Большие дискуссии вызвал проект создания гидроузла Санься («Три ущелья») на р. Янцзы с самой крупной ГЭС в мире (проектная мощность — 25 млн. кВт), с водохранилищем объемом 39 куб. км и площадью 1500 кв. км. Стоимость строительства оценивается в 6—8 млрд. долл., в зону затопления попадает 140 тыс. га сельскохозяйственных угодий; возникает необходимость переселения, по разным оценкам, от 1 млн. до 2 млн. человек. По мнению многих экспертов, более реально создание 4—6 плотин и ГЭС вместо одного суперэнергокомплекса Санься. В настоящее время самая крупная ГЭС в Китае —Гэчжоуба проектной мощностью 2,7 млн. кВт (окончание строительства, по проекту, намечается в 1986 г.). Это первый гидроузел, созданный на р. Янцзы, он образует сравнительно небольшое водохранилище объемом 1,6 куб. км и площадью 80 кв. км, улучшающее условия судоходства на участке реки в 190 км.

На Тайване создано шесть водохранилищ емкостью более 100 млн. куб. м каждое, использующиеся в целях энергетики, ирригации и водоснабжения. Суммарный объем водохранилищ около 2 куб. км.

В Сянгане (Гонконге, владении Великобритании) имеются два водохранилища суммарным объемом 0,5 куб. км, предназначенные для питьевого водоснабжения.

Корейская Народно-Демократическая Республика уделяет большое внимание регулированию стока в целях гидроэнергетики и ирригации. На ГЭС приходится половина выработки электроэнергии. Из-за гористого рельефа только $^1/_6$ часть территории страны (2 млн. га) пригодна для сельскохозяйственного использования. При ограниченных размерах пашни и неравномерном выпадении осадков важное значение приобретает создание ирригационных систем. За годы социализма проведена полная техническая реконструкция ирригационной сети. Было создано несколько сот небольших ирригационных водохранилищ, построено 16 тыс. водоподъемных станций, созданы оросительные каналы общей протяженностью 40 тыс. км. Общая орошаемая площадь достигла 1 млн. га — половина фонда сельскохозяйственных угодий. В стране создано и подготавливается 18 более крупных водохранилищ, в том числе 5 емкостью свыше 100 млн. куб. м и суммарным объемом 16 куб. км. Самое крупное водохранилище —

148. Гидроузел и небольшое горное водохранилище Шоренжи (Япония)



149. Водохранилище и гидроузел Кусаки (Япония)



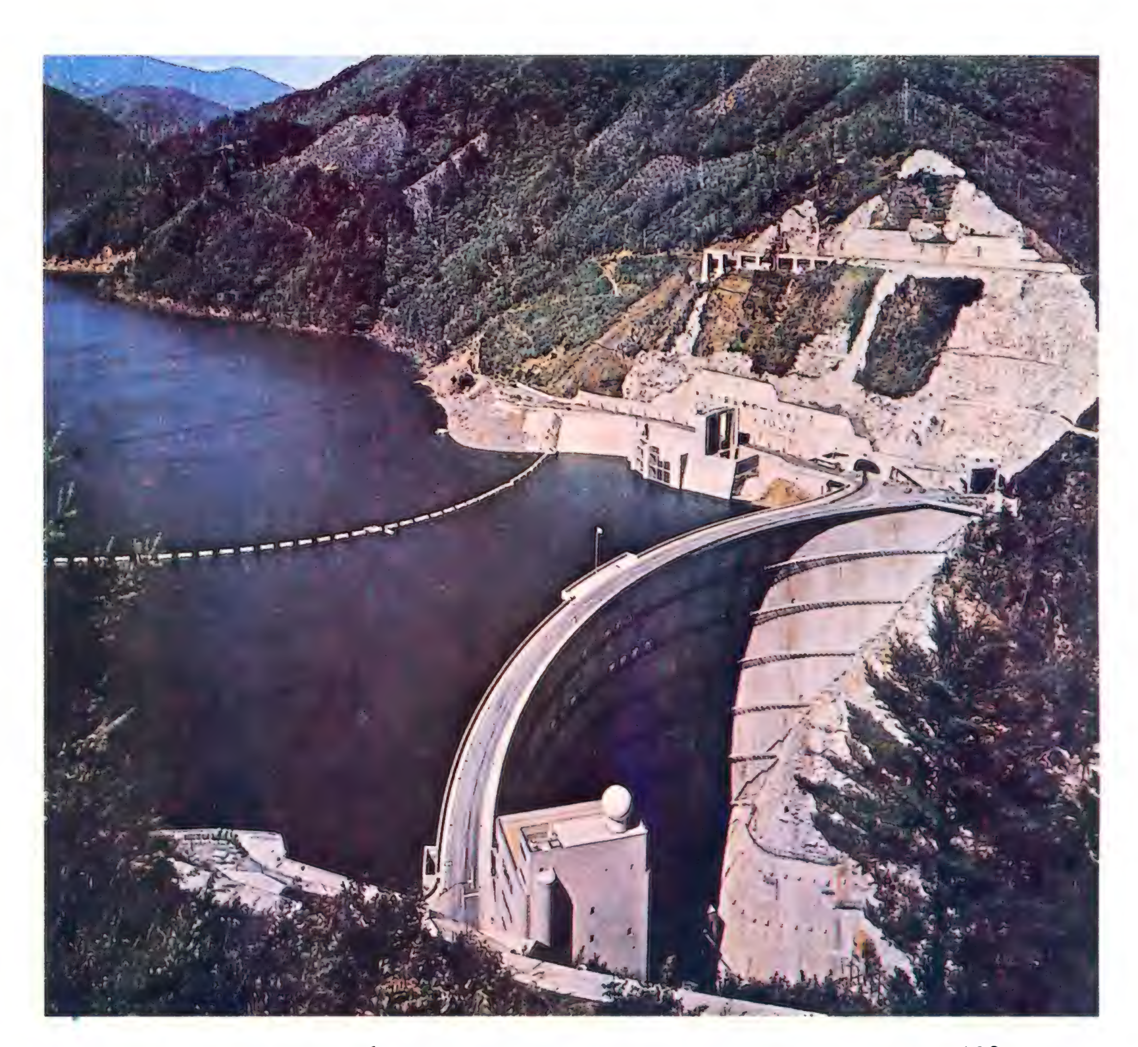
энергетического назначения Суп-Хунхо на р. Амноккан (Ялуцзян) полным объемом 12 куб. км, полезным — 7,5 куб. км, площадью 180 кв. км. Создается крупное (объемом 3 куб. км) «морское» водохранилище в устье р. Тэндоган (соленая морская вода будет вытеснена пресной речной). Создание пресноводного водоема на территории морского залива позволяет избежать затопления сельскохозяйственных угодий. Протяженность плотины — 8,2 км, предусмотрено сооружение трех шлюзов для пропуска крупнотоннажных морских судов водоизмещением от 10 тыс. до 50 тыс. т. Это водохранилище комплексного назначения будет использоваться для ирригации, промышленного и питьевого водоснабжения, в том числе столицы — Пхеньяна; улучшатся условия судоходства, в частности будут ликвидированы приливо-отливные резкие колебания уровня реки на участке протяженностью 160 км. Освоение водных ресурсов р. Тэндоган продолжается, к 1990 г. планируется создание на ней еще пяти водохранилищ.

В Южной Корее эксплуатируется и строится 17 водохранилищ емкостью каждое более 100 млн. куб. м. Суммарный полный объем 11 из них составляет около 12 куб. км. Все водохранилища используются для гидроэнергетики и ирригации, а три водохранилища — комплексно, в том числе самое крупное (Чанжин-Чангжу) объемом 3 куб. км на р. Хан. На ГЭС вырабатывается около 25% производимой в стране электроэнергии. Орошается 1,3 млн. га, более половины обрабатываемой площади, причем в основном за счет небольших водохранилищ, образованных земляными плотинами, которые часто размываются в период дождей.

Япония — одна из наиболее развитых индустриальных стран мира, островное государство с ограниченными природными ресурсами, высокой плотностью населения и высоким уровнем концентрации промышленного производства. Три четверти территории занимают горы, покрытые лесом. Климат Северной и Северо-Восточной Японии умеренный, Центральной и Юго-Западной — субтропический, Южной — тропический. Годовое количество осадков увеличивается с севера на юг от 1 тыс. до 3 тыс. мм. Реки Японии короткие и бурные, с паводковым режимом, богаты гидроэнергоресурсами. Среднемноголетний объем стока Японии — 180 куб. км с резкими межгодовыми и внутригодовыми колебаниями водности.

Ограниченность и неравномерность распределения водных ресурсов, быстрый рост водопотребления, развитие гидроэнергетики и ирригации стали предпосылками осуществления в больших масштабах гидротехнического строительства. В настоящее время водные ресурсы Японии — лимитирующий фактор ее хозяйственного развития. При этом сложности водных проблем усугубля-

150. Водохранилище Нагавадо (Япония)



ются тем, что по топографическим, геологическим и гидрологическим условиям количество подходящих створов для создания плотин, особенно крупных, ограниченно. К началу 80-х годов объем водопотребления в Японии достиг 90 куб. км; более 80% потребностей в воде обеспечивается из поверхностных источников, поскольку ресурсы подземных вод в Японии довольно ограниченны. Структура водопотребления характеризуется следующими данными: хозяйственно-бытовое — 16%, промышленное — 20, ирригация — 64%.

Решение задач по обеспечению хозяйства и населения Японии водой проводится в основном путем создания водохранилищ. Их строительство началось до второй мировой войны, но особенно большие успехи были достигнуты после 1950 г. Чтобы обеспечить потребности страны в водных ресурсах, к 1985 г. создано и подготавливается 234 водохранилища (полным объемом 25—30 куб. км и полезным объемом 19,6 куб. км); из них 171 водохранилище построено к 1977 г. (суммарный полезный объем — 14,2 куб. км) и 60 водохранилищ (полезный объем — 5,4 куб. км) — в период 1976— 1985 гг.

Из намеченных к созданию в Японии 560 водохранилищ более 40% уже эксплуатируется. Как отмечалось, из-за отсутствия подходящих гидрологических и топографических условий для создания крупных водоемов все водохранилища Японии по мировым масштабам небольшие. Из общего фонда — 43 водохранилища объемом больше 100 млн. куб. м (18% общего числа) с суммарным объемом 10,5 куб. км. Общая площадь акватории водохранилищ — 400—450 кв. км.

Водохранилища размещаются равномерно в умеренной и субтропической зонах. Наибольшее их число приходится на пять важных речных бассейнов: Тоне, Кисо, Иодо, Иочино, Чикуго; в течение последних 10 лет в этих бассейнах Министерство строительства построило 43 водохранилища. Среди них два крупных — Касумигаура на р. Тоне полным объемом 1,2 куб. км и полезным — 0,6 куб. км и озеро-водохранилище Бива регулируемым объемом 1,9 куб. км.

Для Японии характерно стремление к многоцелевому использованию водохранилищ, чему способствовали принятие ряда специальных законов, разработка освоения водных ресурсов на плановой основе, рассмотрение бассейновых схем развития водных ресурсов. Поэтому большинство водохранилищ Японии используется комплексно — в интересах энергетики (570 ГЭС с суммарной установленной мощностью 20 млн. кВт), промышленного и хозяйственно-бытового водоснабжения (до 50% объема потребления) и ирригации, главным образом для орошения посевов риса (до 1,5 млн. га). Широко развито рекреационное использование водохранилищ (рыболовство и туризм).

В связи с небольшими размерами водохранилищ и созданием их в условиях горного рельефа (рис. 148, 149, 150) не было сколько-нибудь крупных проблем воздействия водохранилищ на окружающую среду. Характерная особенность гидроузлов и водохранилищ в Японии — их эстетическая завершенность, выразительность, гармоничное единение с природой.

6. ВОДОХРАНИЛИЩА ЮГО-ВОСТОЧНОЙ АЗИИ

Вьетнам по годовому объему местного и транзитного стока (суммарно 627 куб. км) относится к числу наиболее водообеспеченных стран зарубежной Азии, однако в пересчете на душу населения занимает только 9-е место в этом регионе (Фам Куанг Хань, 1983). Главная проблема хозяйственного использования водных ресурсов — резкая сезонная неравномерность стока, когда в период муссонных дождей за 4—6 месяцев формируется до 80% речного стока. Производство риса, главной продовольственной культуры, полностью зависит от ирригации; площадь орошаемых земель составляет 60% всего фонда пахотных земель. Для полного обеспечения населения страны рисом необходим ежегодный сбор трех урожаев этой культуры. Для этого здесь достаточно тепла, но не хватает воды в сухой сезон, а в дождливый — необходимо проводить осушительные мелиорации. Поэтому созданию водохранилищ в системе социально-хозяйственных преобразований, проводимых после объединения страны, уделяется исключительное внимание.

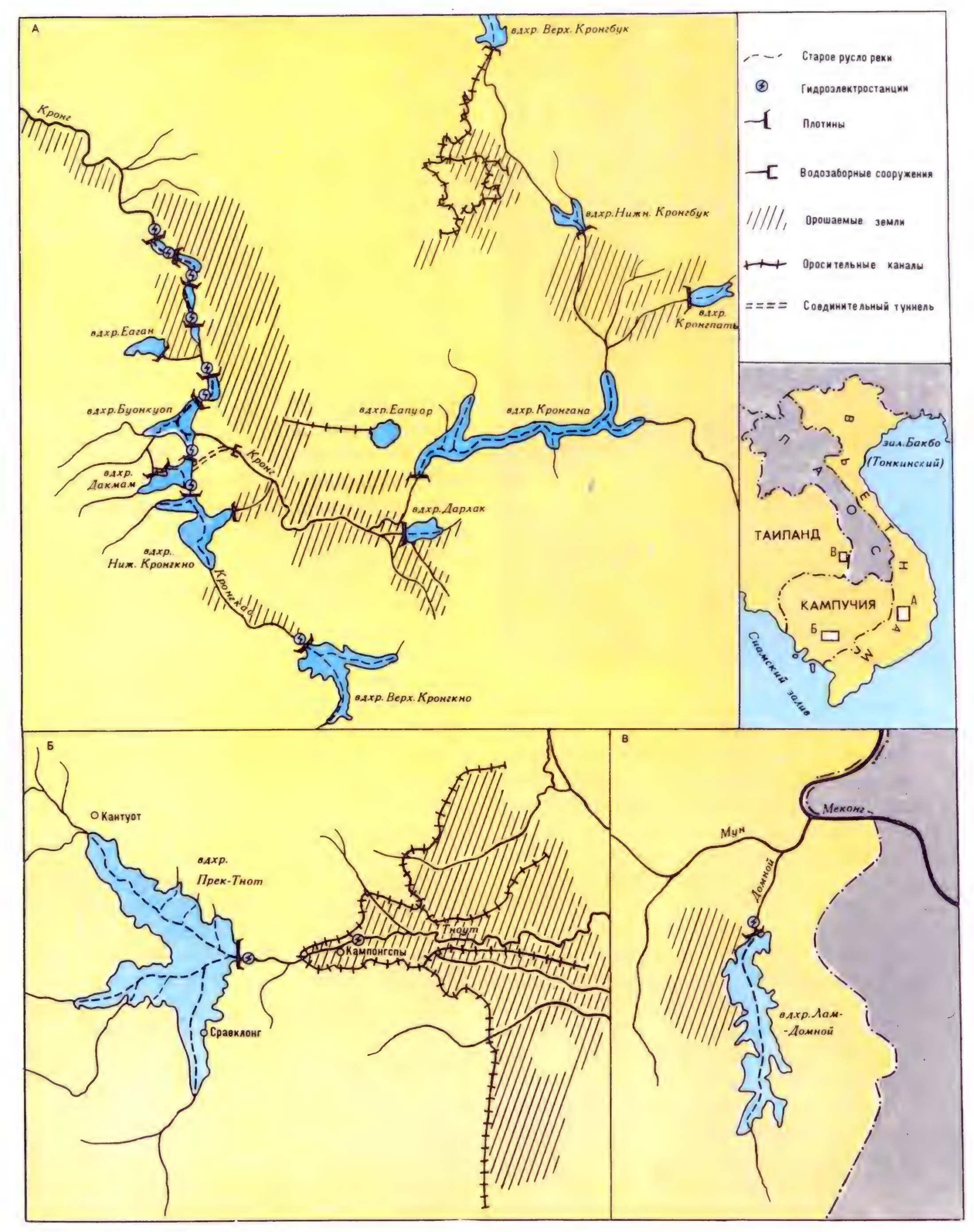
В настоящее время во Вьетнаме имеется пять водохранилищ объемом больше 100 млн. куб. м, их суммарный объем достиг 15 куб. км. Близится к завершению строительство гиганта вьетнамской гидроэнергетики — гидроузла Хоабинь на р. Да (Черная), который будет самым мощным (2 млн. кВт) в Юго-Восточной Азии. Водохранилище Хоабинь полным объемом 9,5 куб. км, длиной 200 км, площадью 600 кв. км станет самым крупным в стране и будет иметь большое значение для выработки электроэнергии и развития ирригации (рис. 151).

Лаос — небольшая по территории и населению страна Индокитая. После революционно-демократических преобразований уделяется большое внимание развитию гидроэнергетики, так как страна богата гидроэнергоресурсами. За последние 10 лет производство электроэнергии возросло в 4 раза, в общем энергобалансе 98% составляет гидроэнергетика. Самая крупная ГЭС — Намнгум мощностью 250 тыс. кВт. Гидроузел образовал крупное водохранилище Намнгум на р. Нгум полным объемом 7 куб. км, полезным — 4,7 куб. км и площадью 370 кв. км, которое используется также для ирригации и рыболовства. До конца столетия в Лаосе предполагается создать шесть крупных гидроэнергоузлов с водохранилищами суммарной мощностью более 4 млн. кВт, часть энергии намечено экспортировать в страны региона.

В Кампучии есть несколько небольших водохранилищ и относительно крупное Тректхнот, созданное на одноименной реке, притоке Меконга; его полный объем — 1,1 куб. км. Ведутся проработки и исследования целесообразно-

151. Схемы некоторых энергоирригационных гидроузлов и систем во Вьетнаме (А), Кампучии (Б) и Таиланде (В)

сти создания крупнейшего в зарубежной Азии водохранилища Стунгтренг (плотина Памонг) полным объемом 100—110 куб. км на притоке Меконга — р. Монгкольборей. На р. Тонглесап самой природой образовано регулирующее водохранилище, из которого излишек воды то поступает в Меконг, то, наоборот, из Меконга в естественное озеро-водохранилище; соответственно течение в р. Тонглесап в разные сезоны года изменяется по направлению. Это природное озеро-водохранилище — самый рыбопродуктивный водоем мира, из которого



152. Водохранилище Бхумифол (Таиланд)



ежегодно добывается несколько сот тысяч центнеров рыбы. В случае создания упомянутого выше крупнейшего водохранилища Стунгтренг гидрологический и гидробиологический режимы оз. Тонглесап изменятся, и точная оценка этих изменений, по-видимому, и будет главным критерием целесообразности создания этого гигантского водохранилища.

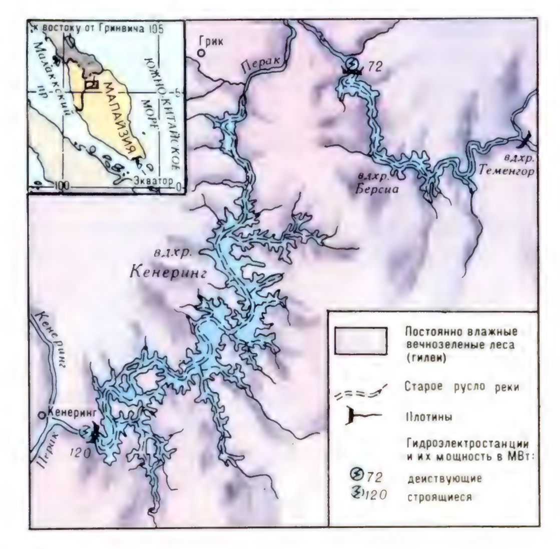
Таиланд — страна с субэкваториальным муссонным климатом, с годовой суммой осадков от 1000 до 2000 мм, выпадающих в основном в период летних муссонных дождей. Имеется развитая гидрографическая сеть. Для рек страны характерны резкие колебания расходов и уровней. Значительная часть сельскохозяйственных угодий страдает от недостатка влаги. Важное значение имеет рыболовный промысел, причем вылов рыбы во внутренних водоемах по объему равен морскому промыслу.

Потребности развития гидроэнергетики и ирригации обусловили за последние 20 лет быстрое развитие гидротехнического строительства и создание большого числа водохранилищ (рис. 152). В настоящее время имеется 18 водохранилищ емкостью свыше 100 млн. куб. м, в том числе 7 емкостью более 1 куб. км; суммарный объем водохранилищ достиг 59 куб. км; это самый высокий показатель в странах Индокитая. Общая площадь акватории водохранилищ — 2 тыс. кв. км. Суммарная установленная мощность гидроэлектростанций превысила 2,5 млн. кВт; гидроэнергетика в настоящее время — основа энергетики страны. Потенциальный фонд земель, орошаемых из водохранилищ, достигает 1 млн. га. Самое крупное водохранилище, Бангаонен, создано в 1979 г. на реке Яй (Квай), его полный объем — 17,8 куб. км, полезный — 7,8 куб. км, площадь — 420 кв. км, установленная мощность ГЭС — 720 тыс. кВт, площадь орошаемых земель более 100 тыс. га. При создании особенно крупных водохранилищ возникали сложные проблемы, связанные с переселением населения, распространением тропических болезней, изменением природной среды, чрезмерным развитием водного гиацинта.

В Малайзии общий объем водохранилищ — 12 куб. км, площадь около 600 кв. км, в том числе четыре — объемом каждое более 1 куб. км и площадью свыше 100 кв. км. Суммарная установленная мощность ГЭС превышает 500 тыс. кВт, из водохранилищ орошается несколько сот тысяч гектаров сельскохозяйственных угодий (рис. 153). Создаются два крупных водохранилища ирригационно-энергетического назначения суммарным объемом около 20 куб. км: Кенжир (13,6 куб. км) и Батанджи (4,3 куб. км).

Индонезия — самое крупное по территории и населению островное государство мира, в составе которого более 3 тыс. островов. Расположено в экваториальной и субэкваториальной зонах с жарким и влажным климатом, с годовым количеством осадков 2000— 4000 мм. В Индонезии много полноводных, но небольшой протяженности рек. Развито

153. Каскад электростанций и водохранилищ на р. Перак в Малайзии



орошаемое земледелие, орошается примерно треть всей обрабатываемой площади.

В стране создана сеть водохранилищ, пять из них объемом свыше 1 куб. км. Полный объем водохранилищ около 9 куб. км, все они ирригационно-энергетического назначения. Более половины электроэнергии производится на гидростанциях; площадь орошаемых из водохранилищ земель, с которых снимают два урожая в год, составляет не менее 0,5 млн. га. Самое крупное водохранилище — Джатилухур на о. Ява — сооружено на р. Чатарум в 1967 г., его полный объем — 3,0 куб. км, полезный — 2,1 куб. км, площадь — 83 кв. км. Используется комплексно: для орошения (240 тыс. га), гидроэнергетики (мощность ГЭС — 310 тыс. кВт, годовая выработка — 0,7 млрд. кВт · ч), борьбы с наводнениями, водоснабжения и рыболовства.

Н а Ф и л и п п и н а х также уделяется большое внимание созданию водохранилищ, из которых шесть — емкостью более 100 млн. куб. м каждое, суммарный объем их около 6 куб. км. Наиболее крупное — Пантабаган на р. Паманга объемом 2,3 куб. км, комплексного назначения, используемое для гидроэнергетики (установленная мощность ГЭС — 100 тыс. кВт с годовой выработкой 0,3 млрд. кВт · ч), ирригации (84 тыс. га, производится 650 тыс. т риса), водоснабжения, рыболовства и рекреации. Важное хозяйственное значение имеет также водохранилище Магат на одноименной реке объемом 1,2 куб. км, используемое для гидроэнергетики (мощность ГЭС — 300 тыс. кВт), ирригации (орошается 105 тыс. га), рыбного хозяйства и рекреации.

7. ВОДОХРАНИЛИЩА ЮЖНОЙ АЗИИ

И н д и я — одна из крупных по территории и вторая по населению страна мира. Три четверти ее поверхности — равнины и плоскогорья, климат — субэкваториальный муссонный, на севере тропический. Годовое количество осадков колеблется от 250 (аридный северо-запад) до 2500 мм (штат Ассам). Вследствие муссонной циркуляции во влажный сезон (июнь — октябрь) выпадает до 80—90% годовых осадков. На 16 основных речных бассейнов приходится 95% объема стока. Самая крупная речная система Индии — Ганг — Брахмапутра с годовым объемом стока более 1 тыс. куб. км. Значительная часть его — до 40—60% — формируется за счет таяния снегов и льдов в Гималаях, поэтому здесь не бывает межгодовых резких колебаний водности. Такой же гидрологический режим характерен и для крупной р. Сатледж, главного левого притока Инда. Согласно индо-пакистанскому соглашению от 1960 г., Индия имеет право использовать только 20% водных ресурсов Инда. Другие крупные индийские реки — Маханади, Годавари, Кистна, Нарбада — имеют дождевое питание с резко неравномерным внутригодовым распределением стока; в дождливый сезон эти реки исключительно многоводны, в сухой проходит не более 5—10% стока, и они превращаются в ручьи.

Индия — страна уникальных природных контрастов. Трудно назвать другую страну, хозяйство и население которой, с одной стороны, так бы страдало от недостатка воды, а с другой — от ее избытка. Более 60 млн. га территории подвержено постоянным засухам, а 40 млн. га подвергаются ежегодным наводнениям. Поэтому здесь с древнейших времен уделялось исключительное внимание использованию водных ресурсов и созданию различных гидротехнических сооружений в целях регулирования стока.

Без ирригации в Индии невозможно ведение высокопродуктивного сельскохозяйственного производства. По тепловым ресурсам на большей части территории возможно получение более одного урожая в год, но лимитирующий фактор — недостаток воды. Индия — страна древнего орошения, потенциальная площадь земель для орошения оценивается в 100—110 млн. га, из них примерно 70% может орошаться за счет поверхностных вод, остальные 30% — за счет подземных вод. Фактическая площадь орошения к началу 80-х годов составила 56 млн. га, по сравнению с 1950 г. увеличилась более чем вдвое. За тот же период производство зерна возросло в 2,6 раза. Без регулирования стока дальнейшая интенсификация сельскохозяйственного производства просто невозможна. В 1984 г. производство зерна в Индии достигло 250 млн. т.

Другой фактор, обусловивший создание водохранилищ, — освоение довольно значительного гидроэнергетического потенциала индийских рек, составившего, по разным оценкам, 50—70 млн. кВт. Большая часть гидроэнергоресурсов сосредоточена в гималайских реках и значительная — в реках Южной Индии, впадающих в Бенгальский залив. Комплексному развитию энергетики, рациональному сочетанию тепловых, атомных и гидроэлектростанций в Индии уделяется исключительное внимание как необходимой основе ускоренного индустриального развития. Гидроэнергетика Индии развивается быстрыми темпами, и почти половина электроэнергии, производимой в стране, вырабатывается на ГЭС.

Развитие водного транспорта, как наиболее дешевого, имеет большое значение в бассейнах Ганга и Брахмапутры, по которым водные перевозки возможны круглый год на протяжении 1000—1500 км от устья. Общая длина судоходных путей, расположенных в основном в указанных бассейнах, превышает 10 тыс. км. Развитие крупнотоннажного водного транспорта также одна из важных, хотя и региональных предпосылок регулирования стока.

Строительство плотин и водохранилищ началось еще в глубокой древности. До сих пор на юге страны эксплуатируется созданная во II в. плотина Большой Аникут. Однако лишь после завоевания Индией независимости в 1947 г. процесс создания плотин и водохранилищ приобрел современные масштабы и технический уровень. До 1950 г. было создано 27 водохранилищ объемом более 100 млн. куб. м, за последующие 30 лет их число возросло почти в 8 раз, а суммарный объем — в 20 раз.

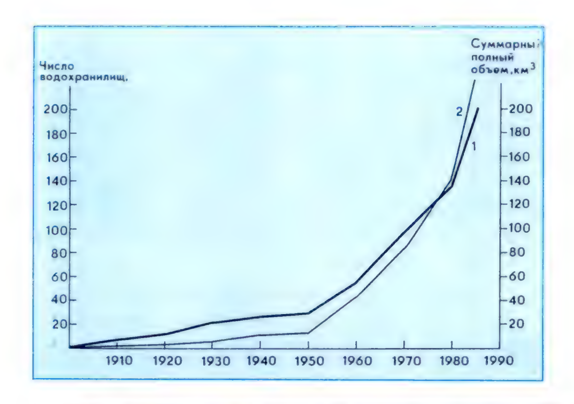
Общее число водохранилищ экспертно оценивается в 2—2,5 тыс., а их полный суммарный объем около 250 куб. км. В настоящее время эксплуатируется и создается более 200 водохранилищ объемом более 100 млн. куб. м. Их суммарный полный объем около 230 куб. км. Составляя около 10% общего числа водохранилищ, они аккумулируют 90% полного объема.

Зарегулированность речного стока по полному объему водохранилищ около 8%. Однако если учесть, что объем эксплуатационных ресурсов поверхностных вод (меженного устойчивого стока) — 660 куб. км, за счет полезного объема водохранилищ меженный сток возрастает почти на 30%. Последние 20 лет в Индии сохраняются стабильные темпы прироста числа и объема водохранилищ — одни из самых высоких в мире (рис. 154). К середине 80-х годов в стране подготавливалось и эксплуатировалось около 50 крупных и средних водохранилищ (объемом свыше 1 куб. км), составляющих около 2% общего их числа, но аккумулирующих 72% всего объема. Площадь водного зеркала водохранилищ объемом более 10 млн. куб. м около 10 тыс. кв. км, общая площадь — не менее 12—13 тыс. кв. км. Почти 90% всех водохранилищ создано на равнине, в диапазоне высот 100—600 м над уровнем моря; 8% — на высоте 600—1200 м и только 2% — на высоте 1200— 1800 м. Характерно, что большинство водохранилищ создано в верховьях притоков, а не на самих основных реках.

Распределение водохранилищ по территории неравномерно и определяется не только природными условиями, но и уровнем хозяйственного развития отдельных штатов. Наибольшее их количество сосредоточено в бассейнах рек Инда, Ганга, Брахмапутры (рис. 155) и Кришны. Для Индии не характерны кас-

154. Динамика создания водохранилищ в Индии
1 — число, 2 — объем

155. Водохранилища речной системы Ганг — Брахмапутра



Важную роль играют водохранилища и для рыбного хозяйства, например, промысловая рыбопродуктивность водохранилища Джайсмунд достигла 60 кг/га. Общий объем уловов экспертно оценивается (при среднепромысловой продуктивности тропических водохранилищ 30 кг/га) примерно в 300 тыс. ц. Начинает развиваться рекреационное использование водохранилищ. В целом в связи с очень сложной хозяйственной и социально-экономической структурой современной Индии фонд и хозяйственное



кады с большим количеством ступеней гидроузлов и водохранилищ. Наиболее крупный каскад из четырех водохранилищ суммарным объемом 28 куб. км создан на р. Кришна. Ирригационное использование водохранилищ — ведущее в Индии, а для крупных водохранилищ оно еще сочетается и с гидроэнергетическим. Почти половина орошаемых земель (25 млн. га) обеспечивается водой либо непосредственно из водохранилищ, либо из рек, меженный сток которых увеличен благодаря водохранилищам.

Велико противопаводковое значение водохранилищ Индии. Они обеспечивают защиту от наводнений 10 млн. га земель. Общая суммарная мощность гидроэлектростанций достигла 15 млн. кВт, а вырабатывают они около половины производимой в стране электроэнергии.

значение водохранилищ по штатам весьма различны (табл. IX-2). Анализ данных таблицы показывает, что 85% всех водохранилищ Индии используется для ирригации, 38% — для гидроэнергетики и 14% — для водоснабжения. В шести штатах (Андхра-Прадеш, Гуджарат, Карнатака, Мадхья-Прадеш, Махараштра и Уттар-Прадеш) сосредоточено более 70% числа и суммарного объема водохранилищ Индии.

В последние годы все более четко прослеживается тенденция к комплексному использованию крупных водохранилищ, поскольку в ряде районов северо-запада и юга страны интенсивность расходования водных ресурсов близка к своему практическому пределу. К концу 70-х годов в Индии расходовалось более половины доступных для освоения водных ресурсов (среднемировой показа-

Таблица IX-2

Распределение и хозяйственное использование водохранилищ объемом более 100 млн. куб. м по штатам Индии

Штаты	Число вдхр.	Полный объем вдхр., куб. км	Полезный объем вдхр., куб. км	Использование водохранилищ					
				ирриг.	энерг.	водосн.	водный тр-т	рекр.	борьба с наводнениями
Андхра-Прадеш	18	30,4	21,9	13	6	4	—	—	1
Ассам	1	0,18	—	—	1	—	—	—	—
Бихар	10	5,6	2,4	10	5	4	—	—	4
Гуджарат	16	24,7	18,4	16	5	4	—	1	1
Химачал-Прадеш	1	8,6	7,3	1	1	—	—	—	—
Карнатака	22	31,0	27,0	14	10	1	—	—	—
Керала	12	5,8	3,8	8	6	1	—	—	2
Мадхья-Прадеш	19	26,2	22,6	18	6	2	—	—	1
Махараштра	49	27,2	18,5	43	12	9	1	—	—
Мегхалая	1	0,5	—	—	1	—	—	—	—
Орисса	6	16,0	12,0	5	3	1	—	—	1
Пенджаб	3	13,9	9,5	3	1	—	—	—	1
Раджастхан	8	6,5	4,1	7	4	1	—	—	—
Тамилнад	12	5,2	4,9	8	6	1	—	1	1
Уттар-Прадеш	23	24,3	18,7	21	8	—	1	1	1
Зап. Бенгалия	1	1,1	0,9	1	1	—	—	—	—
Всего	202	227	172	168	75	28	2	3	13

тель не более 15%). Большая часть не освоенных в хозяйственном отношении водных ресурсов сосредоточена в труднодоступных горных районах Гималаев и Центральной Индии.

Согласно прогнозам индийских специалистов, к 2000 г. объем водопотребления возрастет по сравнению с 1980 г. в 2—2,7 раза. Достигнув 830 куб. км, он превысит эксплуатационные устойчивые ресурсы поверхностных вод. Более 80% объема водопотребления будут составлять расходы воды на ирригацию. Уже к середине 80-х годов достигнуто почти полное освоение водных ресурсов бассейнов рек Ганга, Биаса, Сатледжа, Пеннар, Сабармати, Кавери и др. К 2000 г. водные ресурсы всех крупных рек, кроме Брахмапутры, будут освоены.

В будущем решение водных проблем Индии связывается с перебросками стока. Разработаны две схемы использования водных ресурсов. Согласно первому варианту, планируется переброска части стока р. Ганг (до 22 куб. км воды) в засушливые районы штатов Уттар-Прадеш и Бихар и части стока Брахмапутры в Ганг (до 16 куб. км ежегодно). На тракте переброски предполагается создать несколько десятков водохранилищ суммарным объемом около 100 куб. км. Согласно второй схеме, предполагается перехват части поверхностного стока посредством сооружения водохранилищ и двух каналов — Гималайского и Центрально-Южного. Это даст возможность использовать 990 куб. км ледниковых вод, поступающих с Гималаев. Длина Гималайского канала —3,8 тыс. км, на его протяжении может быть создано около 300 водохранилищ общим объемом 185 куб. км. Длина второго канала с его многочисленными ответвлениями —9 тыс. км, на его протяжении может быть создано 600 водохранилищ. Предполагается, что за счет сооружения этого канала можно будет оросить более 200 млн. га земель (Venugopalah, 1979). В мировой практике еще нет аналогов осуществления подобных грандиозных проектов. Их реализация потребует сотен миллиардов рупий и труда десятков миллионов квалифицированных рабочих. Если они и будут начаты, то, по-видимому, не ранее следующего столетия.

Из приведенных данных видно, что перспективы дальнейшего хозяйственного освоения водных ресурсов Индии невозможны без создания водохранилищ. К середине 80-х годов самым крупным из эксплуатируемых по объему (11,5 куб. км) было водохранилище Нагарьянасагар, созданное на р. Кришна в 1974 г., а по площади (754 кв. км) — водохранилище Шрисалан, созданное на этой же реке в 1980 г. В конце 80-х годов намечается создать водохранилище Навагам объемом 27,7 куб. км с ГЭС мощностью 2,2 млн. кВт, оно будет орошать до 3 млн. га земель.

Пакистан характеризуется сухим и жарким климатом, с влиянием летнего муссона. Главная речная система — Инд и его крупные притоки, сток которых формируется ледниками и снежниками Гималаев и пополняется за счет летних муссонных дождей. Пакистан в основном аграрная страна, с древними традициями орошения и развитой системой ирригационных сооружений, включающих водохранилища и каналы. Со второй половины 50-х годов значительные капиталовложения направляются на развитие гидроэнергетики и ирригации. В настоящее время более $^3/_4$ обрабатываемых земель орошаются. Создание гидроузлов и водохранилищ — необходимая основа хозяйственного развития страны за последние 30 лет.

В Пакистане эксплуатируется более 50 водохранилищ, в том числе 10 объемом каждое более 100 млн. куб. м. Их суммарный объем —26 куб. км (на три самых крупных водохранилища приходится 90% всего объема), а общая площадь — 1 тыс. кв. км. Большинство водохранилищ создано в бассейне Инда. Ведущий вид использования водохранилищ Пакистана — смешанное ирригационно-энергетическое. Потенциальный фонд земель, орошаемых из водохранилищ,— не менее 5 млн. га. Установленная мощность гидроэлектростанций — основы электроэнергетики страны — достигла 3,5 млн. кВт и за последние 30 лет увеличилась почти в 20 раз.

Самое крупное водохранилище многоцелевого назначения — Тарбела, созданное на р. Инд в 1976 г.; его полный объем —13,7 куб. км, полезный — 6,0 куб. км, площадь —260 кв. км. Мощность ГЭС —2,1 млн. кВт, а фонд орошаемых земель —4 млн. га. Водохранилище имеет и противопаводковое назначение, используется для рыбного хозяйства и рекреации. Создание водохранилища вызвало большую дискуссию: предполагалось его быстрое заиление (60—70 лет) и значительное влияние на окружающую среду, высокой оказалась и стоимость проекта. При подготовке его было переселено 80 тыс. человек, строительство гидроузла финансировалось займами Международного банка реконструкции и развития. С 1986 г. намечается сооружение второго на р. Инд крупного регулирующего водохранилища — Калабах, в 180 км ниже Тарбелы, объемом около 12 куб. км, длиной 150 км. Проектирование и строительство будут осуществлять группы фирм Англии, США и Пакистана, общая стоимость работ оценивается в 1 млрд. ф. ст.

Бангладеш, небольшая по территории, но густонаселенная страна, имеет крупное водохранилище (объемом 5,4 куб. км и площадью 830 кв. км) энергетического назначения Карнапхули (Капта), созданное на одноименной реке в 1962 г.; мощность ГЭС — 80 тыс. кВт.

В общем разделе данной главы уже упоминалось о создании нескольких тысяч небольших водоемов в Шри Ланке, среди них девять водохранилищ объемом больше 100 млн. куб. м и суммарным объемом 2,3 куб. км. Завершается строительство двух водохранилищ на р. Махавели общим объемом 1,5 куб. км, с ГЭС общей мощностью 330 тыс. кВт; площадь орошаемых земель составит 120 тыс. га. Создано водохранилище ирригационно-энергетического назначения Котмале объемом 0,4 куб. км. Общая мощность пяти ГЭС, сооружаемых на р. Махавели, в соответствии со схемой освоения ее гидроэнергетических ресурсов достигнет 540 тыс. кВт. Уже действуют пять ГЭС в бассейне р. Келани суммарной мощностью 300 тыс. кВт. Таким образом, к концу 80-х годов общая мощность ГЭС достигнет почти 1 млн. кВт, что

156. Водохранилище Банд-и-Амир (Афганистан)



составит основу энергетики сравнительно небольшой страны и станет крупным ее достижением.

8. ВОДОХРАНИЛИЩА ЮГО-ЗАПАДНОЙ АЗИИ

А ф г а н и с т а н — горная страна, имеет засушливый резко континентальный климат с годовым количеством осадков менее 400 мм, выпадающих весной и зимой; только на юго-востоке страны, где сказывается влияние индийского муссона, количество осадков достигает 800 мм, и идут летние дожди. Почти все наиболее крупные реки (кроме р. Кабул — притока Инда) принадлежат к области внутреннего стока и имеют в основном снежно-ледниковое питание. Поливное земледелие традиционно, в настоящее время орошается почти 70% сельскохозяйственных угодий. Орошение ведется в основном из небольших водоемов, образованных простейшими плотинами, подземных галерей (кяризов), выводящих подземные воды.

В Афганистане около двух десятков водохранилищ общим объемом несколько более 4 куб. км, из которых только пять — объемом свыше 100 млн. куб. м. Самое крупное из них — водохранилище Каджикай на р. Гильменд с полным объемом 2,7 куб. км и полезным — 1,9 куб. км, площадью 50 кв. км, с ГЭС установленной мощностью 120 тыс. кВт и площадью орошения 65 тыс. га. Наиболее велико гидроэнергетическое и ирригационное значение водохранилищ; более 80% электроэнергии, вырабатываемой в стране, дают гидроэлектростанции; орошается 40% площадей из общего фонда поливных земель (рис. 156).

В стране придается большое значение водообеспечению сельского хозяйства. В 1984 г. афганским правительством утверждена долгосрочная программа развития ирригации, в соответствии с которой предусматривается создание до конца века еще 100 водохранилищ.

И р а н — страна с аридным климатом, в связи с чем обеспечение водой хозяйства и населения было всегда одной из главных проблем и строительству плотин и водохранилищ постоянно уделялось внимание. Начало создания современных гидротехнических сооружений относится к концу 40-х годов. Наибольшее число водохранилищ появилось в период 1950—1975 гг., в том числе почти все водохранилища объемом больше 100 млн. куб. м. Сейчас в Иране около 100 водохранилищ суммарным объемом 19 куб, км, в том числе 19 водохранилищ — свыше 100 млн. куб. м, из них шесть — объемом, превышающим 1 куб. км. Самое крупное водохранилище — Диз объемом 3,4 куб. км, созданное на р. Диз (рис. 157), притоке главной реки региона Шатт-Эль-Араб, с гидростанцией 520 тыс. кВт и потенциальной площадью орошаемых земель 120 тыс. га. В районе этого водохранилища за последние 20 лет объем сельскохозяйственной продукции увеличился в 4,5 раза. Создание гидроузлов и водохранилищ в Иране высокоэффективно и быстро окупается. Суммарная мощность ГЭС страны достигла 1 млн. кВт, их доля в электробалансе достигает 60%. Общая площадь земель, орошаемых из водохранилищ, превысила 1 млн. га. Получило развитие и использование водо-

157. Водохранилище Диз (Иран)



хранилищ для городского и сельскохозяйственного водоснабжения. Два водохранилища предназначены специально для водоснабжения Тегерана: Фарахназ (объем 1 куб. км) и Амир-Кабир (0,2 куб. км). В течение 70-х годов появилось пять водохранилищ многоцелевого (ирригация и гидроэнергетика) назначения общим объемом около 5 куб. км, в том числе сооруженное совместно с СССР Араксинское водохранилище на р. Аракс.

Турция — одна из средних по размерам территории и населению стран Азии; имеет субтропический средиземноморский климат, среднегодовое количество осадков колеблется по территории от 200 до 1000 мм. Поверхность страны, за исключением узких приморских равнин,— гористая и плоскогорная, с высотами 1500—3000 м над уровнем моря. Горные цепи высотой 2500—3500 м, окаймляющие Турцию с севера, юга и запада,— это орографические барьеры, которые препятствуют проникновению в глубь страны влажных средиземноморских и черноморских воздушных масс. Поэтому большая часть территории засушлива, особенно если учитывать высокие величины испаряемости (более 1000 мм).

Гидрографическая сеть развита, но большинство рек горные, небольшие, с паводочным режимом стока. На территории Турции берут начало и формируют свой сток две главные реки Западной Азии — Евфрат и Тигр. Значительные реки также — Сакарья, Кызыл-Ирмак, Гедиз, Сейхан, Бол. Мендерес, пограничная с Грецией р. Марица. В стране довольно много озер площадью больше 100 кв. км, но многие из них, в том числе самые крупные (Ван и Туз),— соленые. Запасы подземных вод ограниченны. Реки богаты гидроэнергоресурсами, что наряду с развитием ирригации, а также необходимостью защиты некоторых районов от наводнений — главные предпосылки регулирования стока.

Создание водохранилищ имеет более чем трехвековую историю; например, водоснабжение Стамбула осуществляется из системы водохранилищ, первое из которых было заполнено в начале XVII в. Но в основном это были небольшие водохранилища. К 1950 г. суммарный полезный объем нескольких десятков малых водохранилищ составлял всего 100 млн. куб. м, к 1967 г. он достиг уже 15 куб. км, т. е. увеличился в 150 раз. Последующие 70-е годы также характеризуются быстрым ростом числа и параметров водохранилищ.

В настоящее время в Турции создано около 300 водохранилищ суммарным полным объемом около 65 куб. км, в том числе 27 водохранилищ объемом каждое более 100 млн. куб. м, на которые приходится 94% объема всех водохранилищ. Девять крупных водохранилищ (более 1 куб. км) аккумулируют 53,3 куб. км речного стока, что составляет более 80% их общего объема. Суммарная площадь акватории водохранилищ — около 2 тыс. кв. км (0,25% общей площади страны).

Большинство водохранилищ сосредоточено в бассейнах рек Евфрат, Тигр, Кызыл-Ирмак, Сейхан, Сакарья. Для Турции характерна тенденция к созданию крупных водохранилищ многолетнего регулирования, чему способствуют благоприятные топографические условия. Наиболее значителен каскад из трех

158. Водохранилище Эль-Асад (Табка) на р. Евфрат (Сирия)



водохранилищ на р. Евфрат, их суммарный объем достигнет почти 90 куб. км. Первое из них — водохранилище Кебан (полным объемом 31 куб. км, полезным —16,3 куб. км, площадью 750 кв. км) — эксплуатируется с 1974 г., ГЭС Кебан пока самая мощная из гидростанций в стране —1,2 млн. кВт, с годовой выработкой около 7 млрд. кВт· ч. Водохранилище имеет также большое значение для ирригации (орошается 300 тыс. га) и для борьбы с наводнениями (защищается 150 тыс. га). Создание плотины и гидроузла на основе проекта, разработанного специалистами четырех стран, в том числе США, имело драматическую историю и было приостановлено более чем на два года. В месте расположения плотины в толщах известняков были обнаружены огромные подземные карстовые пустоты, так называемые каверны, заставившие существенно изменить первоначальный проект и более чем на 100 млн. долл. (на 30%) увеличить его стоимость. Завершение ГЭС Кебан многократно откладывалось, но в результате довольно сложных инженерно-технических мероприятий трудности были преодолены, и гидроэнергоузел начал работу.

Водохранилище Кебан примечательно и тем, что при его подготовке археологи обследовали почти 50% затопляемой территории.

Завершается строительство гидроэнергоузла Каракайя на р. Евфрат, более мощного (1,8 млн. кВт; годовая выработка — 7 млрд. кВт · ч), чем Кебан. Водохранилище Каракайя имеет полный объем 9,6 куб. км, полезный — 5,6 куб. км, площадь — 300 кв. км. Благодаря его созданию можно будет оросить 100 тыс. га земель. В соответствии с проектом освоения гидроэнергоресурсов бассейна Евфрата предполагается создать еще три гидроэнергоузла с крупными водохранилищами. Наибольшее из них будет образовано самым мощным в Турции гидроэнергоузлом Ататюрк (2,4 млн. кВт, годовая выработка около 9 млрд. кВт· ч). Водохранилище Ататюрк станет в конце 80-х годов крупнейшим в Турции (48,7 куб. км). Сооружение каскада гидроузлов и водохранилищ на р. Евфрат имеет очень важное значение для экономики: будут созданы ГЭС суммарной установленной мощностью 5,5 млн. кВт со среднегодовой выработкой 20 — 25 млрд. кВт· ч, а площадь орошаемых земель превысит 1 млн. га.

При проектировании и создании крупных гидроузлов и водохранилищ привлекаются иностранные капиталы, специалисты и займы Международного банка развития.

По числу ступеней выделяется каскад из 9 ирригационно-энергетических водохранилищ на р. Сакарья общим объемом более 4 куб. км, суммарной установленной мощностью ГЭС 0,8 млн. кВт и площадью орошаемых земель 500 тыс. га.

Значение водохранилищ Турции особенно велико для гидроэнергетики и ирригации. Суммарная мощность ГЭС достигла к началу 80-х годов почти 6 млн. кВт с годовой выработкой не менее 20 млрд. кВт· ч, что составляет 60% в общем электробалансе страны. Площадь земель, орошаемых из водохранилищ, достигла 2 млн. га, а от наводнений защищается не менее 0,5 млн. га. Водоснабжение крупнейших городов Турции — Стамбула и Анкары — осуществляется из водохранилищ.

И в будущем сооружению водохранилищ будет уделяться исключительно большое внимание; Государственный директорат водного хозяйства опубликовал данные о намерении создать до 2000 г. 450 водохранилищ суммарным объемом 185 куб. км и на их основе

159. Одно из горных водохранилищ в Ираке

160. Участок водохранилища в Ираке



ирригационные системы общей площадью 6,7 млн. га (Nachz Aussenhand, 1983).

С и р и я имеет ограниченные ресурсы поверхностных вод, 96% которых приходится на р. Евфрат и его притоки Хабур и Белих, а также на р. Эль-Аси (Оронт). Большинство других рек — пересыхающие. Пригодная для обработки земля (6 млн. га, 70% всей площади) на 90% используется для богарного земледелия. Орошается не более 0,5 млн. га, хотя потребности в ирригации крайне велики.

На р. Оронт в 60-х годах было создано два водохранилища суммарным объемом 0,5 куб. км. В 1975 г. построено самое крупное водохранилище — Эль-Асад (Табка) на р. Евфрат (рис. 158) полным объемом 11,9 куб. км, полезным — 7,8 куб. км, площадью зеркала 630 кв. км.

Создание гидроузла и водохранилища Эль-Асад имеет огромное социально-экономическое значение для всей страны, так как обеспечивает 90% электропотребления Сирии; мощность ГЭС — 800 тыс. кВт, выработка энергии — 5,6 млрд. кВт · ч в год. Площадь земель, которые можно орошать из водохранилища,— 640 тыс. га. В настоящее время идет планомерное развитие современных ирригационных систем и орошается 60 тыс. га.

При подготовке водохранилища было переселено около 60 тыс. человек, для которых на средства, предоставленные правительством, было построено 65 деревень, организовано 15 сельскохозяйственных кооперативов. Вместо небольшой деревушки Табка вырос город Эс-Саура (Революция), население которого уже приближается к 100 тыс. человек. В 1979 г. гидроузел Эль-Асад обеспечил увеличение на 10% валового национального продукта. Этот комплекс стал символом передовых социально-экономических и хозяйственных преобразований в Сирии.

Ирак также имеет ограниченные водные ресурсы, формирующиеся за счет стока рек Тигра и Евфрата. Необходимость борьбы с наводнениями, развития ирригации и гидроэнергетики обусловили большой размах работ по регулированию стока и созданию водохранилищ во второй половине столетия. По показателям суммарного объема (132 куб. км) и площади (6500 кв. км, почти 1,5% территории страны) водохранилищ Ирак занимает в Азии третье место после Китая и Индии и ведущее место в мире по созданию крупных наливных водохранилищ противопаводкового назначения, образованных путем отвода каналами излишнего паводкового стока рек Тигра и Евфрата в естественные впадины (понижения рельефа). Таковы крупнейшие в мире наливные водохранилища: Вади-Таргар (полный объем — 72,8 куб. км, полезный — 43,5 куб. км, площадь — 2 тыс. кв. км), созданное для защиты Багдада отведением стока р. Тигр; Хаббания (полный объем — 3,3 куб. км, полезный — 2,7 куб. км, площадь — 426 кв. км) и Абу-Дибис (Раззаза) объемом 26,0 куб. км, площадью 1600 куб. км.

До создания наливных водохранилищ затопления, вызываемые паводками рек Тигра и Евфрата, причиняли очень большой ущерб прилегающим к их речным долинам районам, включая Багдад. Особенной неравномерностью режима отличается Евфрат; минимальный расход воды в реке у города Хит — 150 куб. м/с, а максимальный превышает 12 тыс. куб. м/с. Решающую роль для борьбы с наводнениями сыграло наливное водохранилище Абу-Дибис, которое за период 1941—1970 гг. увеличилось по объему с 3 до 26 куб. км, по площади — с 200 до 1600 кв. км в результате четырехкратного наращивания земляной плотины с 20 до 40 м.

Помимо наливных созданы и крупные долинные водохранилища на притоках Тигра — реках Большой Заб и Малый Заб. Это водохранилища Бекме и Докан объемом соответственно 8,3 и 6,8 куб. км. В настоящее время строится (окончание по проекту к 1987 г.) крупное водохранилище Мосул на р. Тигр полным объемом 13,5 куб. км и полезным — 12,5 куб. км. На р. Евфрат завершается строительство водохранилища Хадита полным объемом 6,4 км, полезным — 6,2 куб. км. Намечается (к 1990 г.) сооружение крупного гидроузла с водохранилищем около 40 куб. км на р. Большой Заб для выработки электроэнергии, борьбы с наводнениями и ирригации. Таким образом, создание водохранилищ достигло в Ираке больших масштабов, и по удельным показателям регулирования стока страна занимает одно из ведущих мест в мире (рис. 159, 160).

В других странах региона — Израиле, Иордании, на Кипре, в Ливане — имеется в каждой несколько десятков небольших водохранилищ и одно-два водохранилища объемом более 100 млн. куб. м.

В аридных странах Юго-Западной Азии — Саудовской Аравии, Кувейте, Объединенных Арабских Эмиратах, Йеменской Арабской Республике, Народной Демократической Республике Йемен и др. — условия для создания водохранилищ практически отсутствуют. Большинство речных русел наполняются водой только на непродолжительное время. На некоторых из них все же имеются небольшие водохранилища.

Глава десятая

ВОДОХРАНИЛИЩА АФРИКИ

I. ПРИРОДНО-ХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ

Африка — один из крупнейших континентов мира. Рельеф довольно однообразен с нарастанием высот к югу и к окраинам материка. Краевые поднятия круто обрываются к океану, а в сторону материка спускаются пологими ступенчатыми склонами. Внутри материка имеется ряд впадин, из которых наиболее крупные — Калахари, бассейны Конго, Верхнего и Нижнего Нила, оз. Чад, Западная Сахара, Ливийская пустыня, Северная Сахара. Пустыни занимают около 15% площади материка.

Преобладающая часть Африки находится в тропическом и экваториальном поясах, и лишь крайний север и крайний юг относятся к субтропикам. На климат Африки влияет также наличие краевых горных поднятий, затрудняющих проникновение влаги внутрь материка, большая ширина материка на севере, усиливающая континентальность климата, наличие у западных берегов холодных, а у восточных — теплых течений.

В тропическом поясе сезон дождей сменяется сухим или малодождливым сезоном. Экваториальный пояс (между 5° с. ш. и 4° ю. ш.) характеризуется двумя сезонами больших и двумя сезонами малых дождей. Годовые осадки здесь достигают 1500—2000 мм и более.

Тропический пояс делится на три зоны: приэкваториальную, промежуточную и внешнюю. Приэкваториальная зона тропического пояса простирается в северном полушарии до 11—14° с. ш. и в южном — до 18—19° ю. ш. Ее внешняя граница практически совпадает с изолинией годовых осадков в 600 мм. В подзонах, прилегающих к экваториальному поясу, наблюдаются два дождливых и два сухих сезона, во внешних подзонах — два сезона: дождливый и сухой.

Промежуточная зона простирается в Северной Африке до 17—20° с. ш., в южной — до границы тропического пояса. Осадки колеблются от 200 до 600 мм в год. Дождливый сезон, совпадающий с летним периодом, в каждом полушарии существенно короче, чем в приэкваториальных зонах, и длится от 1 до 4 месяцев.

Внешняя зона, особенно развитая в Северной Африке, простирается до 29° с. ш., а в Южной Африке — до 33° ю. ш. Здесь постоянно господствуют сухие тропические воздушные массы. Дожди выпадают крайне редко. В глубине Сахары дождя не бывает много лет подряд. Средние месячные температуры колеблются от 10 до 38°; абсолютные температуры — в пределах от —5 до +55°.

Узкие полосы северного и южного побережий Африки находятся в области субтропического климата с сухим летом и влажной зимой.

Близость Атлантического океана очень мало влияет на выпадение осадков из-за наличия холодных течений, сильно охлаждающих нижний слой воздуха. Для Африки характерны два типа рек: короткие реки, стекающие с прибрежных возвышенностей и гор к океану, и длинные, которые берут начало на внутренних склонах краевых возвышенностей и совершают долгий путь, прежде чем прорвутся сквозь окраинные возвышенности к океану (Дмитревский, 1967). Из-за ступенчатого характера поверхности реки порожисты. На всех крупных реках имеются судоходные участки со спокойным течением, прерываемые порогами и величественными водопадами. Только на р. Замбези насчитывается 72 водопада. Из-за резкого колебания осадков по сезонам года сильно изменяются расходы и уровни воды в реках. Большинство крупнейших рек Африки берут начало в средней части материка, получающей не менее 1000 мм осадков. Около $^1/_3$ материка составляют бессточные районы. Самые сухие районы Африки имеют только временные реки, русла которых (вади) наполняются водой лишь в период ливней. К этим районам относятся большая часть Северной Сахары и пустыня Калахари. Представление о наиболее крупных реках материка дает табл. X-1 (Мировой водный баланс, 1974).

В связи с приэкваториальным положением континента изменчивость годового стока во времени на большей части территории Африки относительно

Таблица X-1
Крупнейшие реки Африки

Река	Длина, км	Площадь водосбора, тыс. кв. км	Средний годовой сток	
			куб. м/сек	куб. км
Конго	4 370	3 822	44 893	1 414
Нигер	4 160	2 090	8 500	268
Нил	6 671	2 870	2 322	73
Замбези	2 660	1 330	3 378	106
Огове	850	204	4 729	149
Санга	1 300	135	2 156	68
Вольта	1 600	394	1 288	41
Руфиджи	1 400	178	1 119	35
Кванза	960	149	946	30
Джуба	1 600	750	546	17
Оранжевая	1 860	1 020	486	15
Сенегал	1 430	441	735	23
Сассандра	...	72	827	26
Лимпопо	1 600	440	824	26

невелика. Поэтому потребность в водохранилищах многолетнего регулирования стока не так значительна, как на многих других континентах.

Климатические и отчасти орографические особенности служат основной причиной большой контрастности распределения среднего многолетнего стока по территории материка. Обширные территории как на севере, так и на юге заняты пустынями и полупустынями, где местами за год выпадает не более 10 мм осадков, а то и вообще не бывает ни одного дождя. В то же время в бассейне р. Конго осадки превышают 3000—4000 мм.

Годовой ход осадков характеризуется резкой неравномерностью. В пустынях кратковременный поверхностный сток возможен в любое время года. В субтропиках ярко выражен зимний максимум и летний минимум стока; то же, но не так сильно наблюдается в тропиках. В экваториальном поясе слабо выражены два максимума и два минимума. Так, в бассейне р. Конго отношение наибольшего и наименьшего средних месячных расходов не превышает 2, тогда как на многих реках севера и юга Африки оно составляет 140—200.

В аридных районах бассейнов рек Нигера, Сенегала, оз. Чад 80% годового стока проходит за 1—2 месяца. Таким образом, создание водохранилищ сезонного регулирования стока необходимо на большей части территории континента, как для обеспечения социальных и хозяйственных нужд населения в засушливые периоды года, так и для предотвращения разрушительных наводнений в периоды прохождения максимума стока. По количеству воды на душу населения (12 тыс. куб. м/год) Африка почти не отличается от средних показателей по миру (12,9 тыс. куб. м/год). Однако большая часть континента испытывает недостаток в воде из-за значительного несоответствия ее водных ресурсов тепловым.

Наряду с природными предпосылками создания водохранилищ важное значение имеют хозяйственные предпосылки. Во многих районах континента сельское хозяйство испытывает значительные затруднения из-за недостатка воды в засушливые периоды года. Даже в богатых осадками экваториальных районах в определенные периоды ощущается ее недостаток.

Общая площадь орошаемых земель превышает 10 млн. га. Дальнейшее развитие орошения, как правило, не представляется возможным без создания новых водохранилищ.

Исключительно велико значение Африки как кладовой минерального сырья. Она поставляет на мировой капиталистический рынок 98% алмазов, $^{2}/_{3}$ добычи золота и кобальта, более $^{2}/_{5}$ мар-

ганца, хромитов, около $^1/_3$ фосфоритов и меди.

Развитие добывающей промышленности потребовало освоения богатейших гидроэнергетических ресурсов. В Африке сосредоточено 700 млн. кВт запасов гидроэнергии. Сооружение ГЭС вызвало необходимость создания больших и малых по объему и площади водохранилищ, которые в последнее время приобретают также все большее значение и для размещения тепловых станций. Небольшие водохранилища обеспечивают водоснабжение городов и промышленных предприятий, а многие крупные служат комплексным целям. Помимо орошения, энергетики и водоснабжения они используются также для борьбы с наводнениями, развития водного транспорта, рыболовства и рекреации.

2. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДОХРАНИЛИЩ

За два последних десятилетия Африка вышла на первое место в мире среди континентов по полному и полезному объему крупнейших водохранилищ.

Из пяти крупнейших водохранилищ мира четыре, считая и подпруженное плотиной Оуэн-Фолс оз. Виктория, находятся в Африке (Водохранилища мира, 1979). Одно из них, Вольта, в настоящее время — крупнейшее по площади в мире (8480 кв. км).

На 1.I. 1984 г. в Африке эксплуатировалось 116 водохранилищ объемом более 100 млн. куб. м каждое. Представление о распределении водохранилищ по основным регионам и времени создания дают рис. 161 и табл. X-2. Из таблицы видно, что все крупные водохранилища Африки созданы за последние тридцать лет. Наибольшее число водохранилищ (30) находится в ЮАР, далее следуют Марокко (15) и Алжир (11). Однако водохранилища в этих странах относительно невелики.

По величине полного объема и площади зеркала к категории крупнейших помимо указанных озера-водохранилища Виктория и водохранилища Вольта относятся еще два водохранилища на р. Замбези — Кариба и Кабора-Басса и Насер на р. Нил.

Суммарный полный объем с учетом водохранилищ в 1—100 млн. куб. м оценивается величиной около 900 куб. км, суммарный полезный объем — 400 куб. км. Сопоставление этих величин со средней многолетним объемом стока, поступающего с континента в океан (3722 куб. км), дает в процентном отношении значительные величины: для суммарного полного объема — около 25%, а для суммарного полезного объема — 11%.

Таблица X-2

Распределение водохранилищ Африки полным объемом более 100 млн. куб. м по основным регионам

Регионы	Количество и полный объем водохранилищ, млн. куб. м			
	до 1900 г.	1901—1950 гг.	после 1951 г.	всего
Северная Африка	—	6* / 9 915	31 / 180 618	37 / 188 533
Западная Африка	—	—	16 / 221 223	16 / 221 223
Восточная Африка	—	—	8 / 210 505	8 / 210 505
Центральная Африка	—	1 / 600	8 / 11 455	9 / 12 055
Южная Африка	1 / 115	9 / 4 066	36 / 251 163	46 / 255 344
В целом по континенту	1 / 115	16 / 14 581	99 / 874 660	116 / 887 660

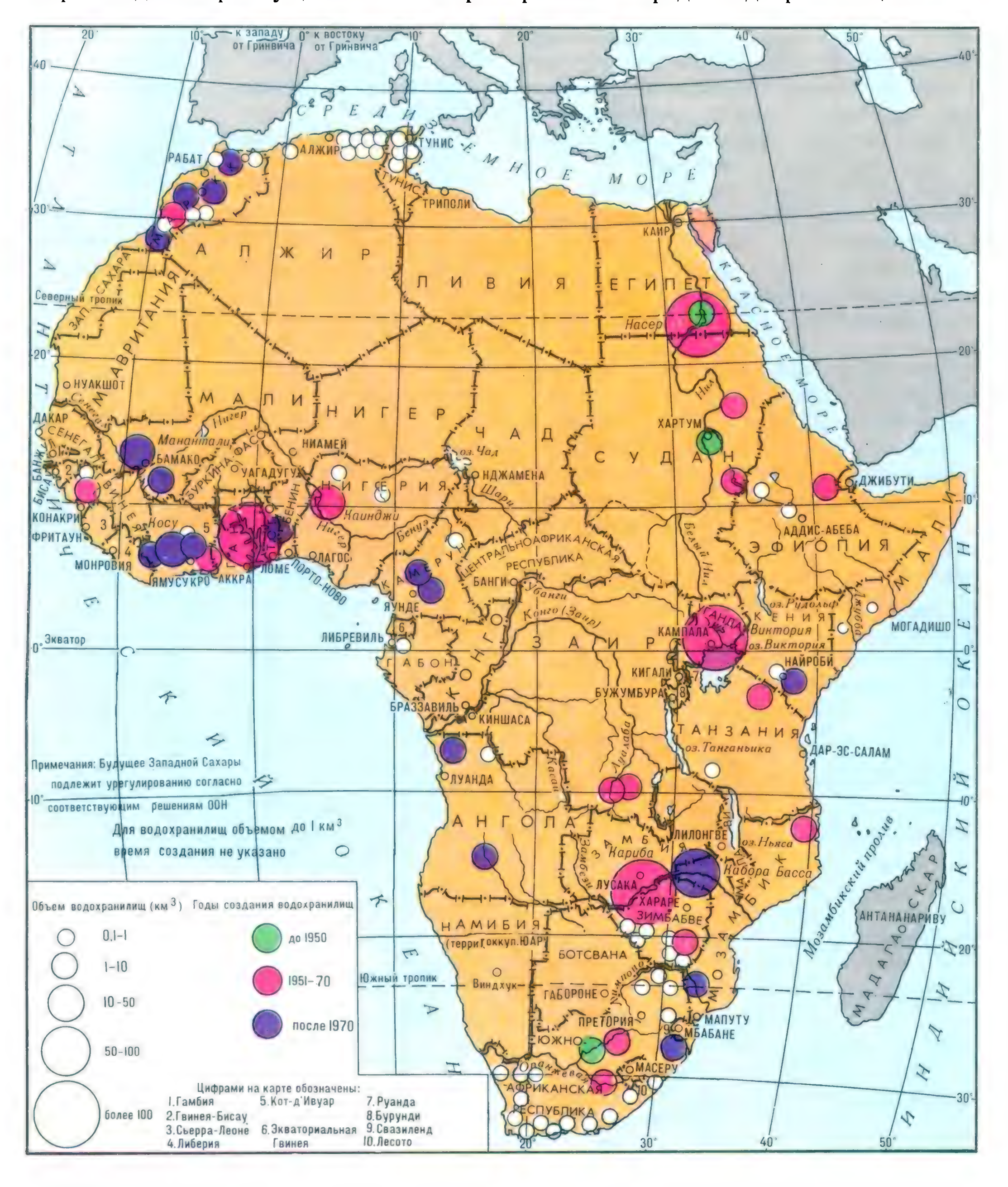
* Здесь и далее: в числителе — число водохранилищ, в знаменателе — полный объем.

161. Схема размещения водохранилищ Африки

Суммарная площадь зеркала водохранилищ Африки без учета находящегося в подпоре оз. Виктория равна 35 тыс. кв. км, по отношению к территории континента это составляет немногим более 0,1%.

Практически все крупные и средние водохранилища Африки размещаются на равнинах и плоскогорьях, и только водохранилища ЮАР, Марокко и Алжира созданы преимущественно в горных районах. За небольшим исключением, все водохранилища созданы в речных долинах. Лишь самое крупное по объему водохранилище мира — Виктория (Оуэн-Фолс) — создано путем повышения среднемноголетнего уровня озера на 3 м.

По характеру регулирования стока большинство водохранилищ — сезонного, недельного и суточного регулирования. Среди водохранилищ много-



летнего регулирования стока в первую очередь отметим водохранилище Насер. Многие водохранилища Африки относятся к категории глубоких и очень глубоких. Конфигурация и морфология водохранилищ неоднородны (долинные, озеровидные и сложной формы), что объясняется исключительным разнообразием природных условий.

3. ВОДОХРАНИЛИЩА СЕВЕРНОЙ АФРИКИ

Северная Африка — один из наиболее экономически развитых на континенте регионов. Это такие страны, как Марокко, Алжир, Тунис, Ливия*, Египет, Судан, Западная Сахара*, Мавритания*. В физико-географическом отношении регион чрезвычайно многообразен. На западе расположены горы Высокий Атлас, на востоке значительные пространства занимают низменности и находится одна из крупнейших в мире впадин — Каттара с отметкой 133 м ниже уровня океана. В горах Высокого Атласа (на территории Марокко) и Сахарского Атласа (на территории Алжира) протекают небольшие стремительные горные реки, а на востоке величественно несет свои воды в Средиземное море одна из величайших рек земного шара — Нил. На западе в горах Атласа, где выпадает несколько сот миллиметров осадков, произрастают атлантико-средиземноморские вечнозеленые леса, славящиеся пробковым, каменным и круглолистным дубом, а на востоке и юге, где количество осадков иногда не превышает 10 мм в год, а кое-где их не бывает и в течение многих лет подряд, простираются злаково-кустарниковые пустыни. Понятно, что обеспечение этих районов водой — одна из важнейших задач. К ее решению приступили лишь в нашем веке, особенно после 1950 г. (табл. X-3).

Таблица X-3

Распределение водохранилищ объемом свыше 100 млн. куб. м по странам Северной Африки

Страна	1901—1950 гг.		После 1950 г.		Всего	
	Количество	Полный объем, куб. км	Количество	Полный объем, куб. км	Количество	Полный объем, куб. км
Марокко	1	0,23	14	5,21	15	5,44
Алжир	2	0,51	9	2,13	11	2,64
Тунис	—	—	5	1,98	5	1,98
Египет	1	5,00*	1	157,00	2	160,00
Судан	2	4,18	2	4,30	4	8,48
Всего	6	9,92	31	170,62	37	178,54

* После сооружения высотной Асуанской плотины в 7 км выше старой Асуанской плотины часть Асуанского водохранилища (2 куб. км) вошла в состав водохранилища Насер.

М а р о к к о — аграрная страна с развитой горнодобывающей промышленностью. Большую часть занимают горы Высокий Атлас и плато. Климат субтропический с жарким сухим летом и мягкой влажной зимой. За год выпадает от 600 до 1200 мм осадков. Реки в основном горного типа, сравнительно невелики; сток их неравномерен: за четыре месяца, с декабря по март, проходит около $^{3}/_{4}$ годового стока. Наиболее крупные — Тенсифт, Себу, Мулуя.

Первое относительно большое водохранилище — Эль-Кансера объемом 297 млн. куб. м — создано в 30-х годах нашего века. Большие водохранилища сооружены в 70-х годах. Почти все служат интересам энергетики и ирригации. Наряду с одноцелевыми есть и комплексные, используемые для энергетики, ирригации, борьбы с наводнениями, а также для водоснабжения и рекреации.

Многие водохранилища имеют объем от 200 млн. до 600 млн. куб. м. Наиболее крупные — Мешро-Хаммади (1 200 млн. куб. м), Эль-Макхазин (1200), Бин-эль-Видан (1500), Эль-Массира (2700) и Эль-Мьяра (4000). Почти все большие водохранилища относятся к числу глубоких и очень глубоких, с глубинами от 60 до 100 и более метров. Одна из серьезнейших проблем — борьба с заилением, поскольку сроки занесения водохранилищ измеряются всего лишь десятками лет. Борьба с заилением ведется комплексно: путем промывок, землечерпания и уменьшения эрозии на водосборах.

А л ж и р. Вдоль побережья Средиземного моря простираются горы Тель-Атлас, сменяющиеся полупустынными Высокими плато, ограниченными с юга хребтом Сахарский Атлас, за которым

* Здесь и далее в тексте в ряде названных в составе регионов стран водохранилища не рассматриваются. В этих странах есть лишь отдельные малые водохранилища; данные по ним в литературе отсутствуют.

162. Плотина и водохранилище Дра-Эль-Мизан (Алжир)



начинается пустыня Сахара. Постоянно текущих рек мало. Большая их часть стекает с гор в Средиземное море, частично на Высокое плато, а на южном склоне — в Сахару. Для Высоких плато и Сахары характерны сухие русла — вади. Климат на севере страны средиземноморский, с теплой дождливой зимой и жарким сухим летом, в пустыне резко континентальный. Годовая сумма осадков изменяется от 1800 мм на севере до 10 мм на юге. С мая по сентябрь реки практически не имеют воды. Обеспечение водой полей, промышленных объектов и населения — одна из важнейших для Алжира проблем. Она разрешается путем создания многочисленных водохранилищ, среди которых имеется несколько средних — от 100 млн. до 600 млн. куб. м (рис. 162). Первые относительно большие водохранилища появились в Алжире в 30-х годах нашего столетия. Это Стегг (Уэд-Фодда) объемом 228 млн. куб. м и водохранилище Гриб (280 млн. куб. м). Наибольшее число их было создано в 60-х годах, и особенно интенсивно строительство ведется в последние годы. Большинство водохранилищ имеют глубину от 50 до 100 м. Как и в Марокко, ведется интенсивная борьба с заилением, так как в воде некоторых рек содержится до 3% наносов. При заполнении водохранилища Уэд-Фодда в 1932—1933 гг. возникли землетрясения силой до 7 баллов. Самое крупное

водохранилище Алжира — Гаргар объемом в 600 млн. куб. м — было заполнено в 1982 г.

Тунис. Более $^2/_3$ страны занимают равнины. На северо-западе находятся отроги Тель-Атласа и других хребтов. На большей части территории климат субтропический средиземноморский, в южных районах — полупустынный и пустынный. Реки небольшие и, как правило, пересыхающие. Так же как в Алжире и Марокко, в Тунисе развитие хозяйства и снабжение водой растущего населения невозможно без регулирования очень неравномерного стока. Так, в р. Меллег расходы воды изменяются от 1,1 до 3 тыс. куб. м/с. Наряду с небольшими водохранилищами в Тунисе в 1955 г. было создано первое среднее по объему водохранилище Ниббар на р. Меллег объемом 300 млн. куб. м, а в начале 80-х годов заполнено первое крупное водохранилище Сиди-Салем объемом 1 куб. км. Назначение водохранилищ и проблемы, с ним связанные, все те же, что и в Марокко и Алжире.

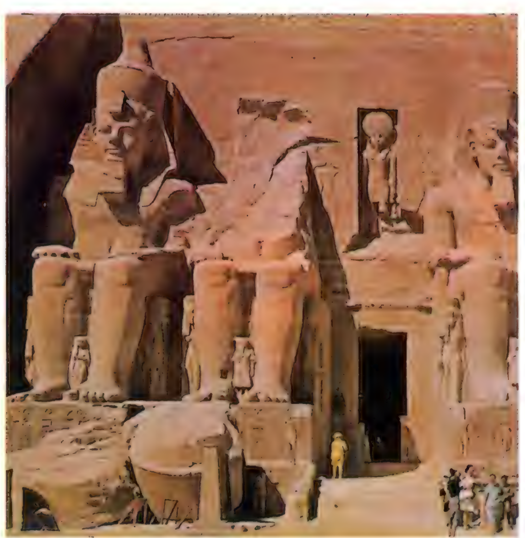
АРЕ (Египет). Территория страны в основном равнинная. Единственная река с постоянным течением — Нил — разделяет Ливийскую и Аравийскую пустыни. В Аравийской пустыне и на Синайском полуострове имеются многочисленные вади, впадающие в основном в Красное море. Долина Нила шириной от 1—3 до 25 км густо населена. Климат на большей части территории страны тропический, очень сухой.

Нил — одна из величайших по площади бассейна и самая длинная река мира. Вместе с притоком Кагерой длина реки составляет 6671 км, площадь бассейна — 2870 кв. км.

Нил — создатель плодородных земель в Египте, колыбель человеческой цивилизации. На протяжении всей истории Египта Нил оказывал решающее влияние на экономику, культуру, социальные аспекты и политику страны. С ростом населения эта зависимость ощущается все более остро. В 1952 г. в Египте проживало 20 млн. человек, в 1980 г. — 40 млн., а к 2000 г. население страны составит 70 млн. человек.

Годовой сток Нила подвержен существенным колебаниям от 45,6 куб. км в 1913—1914 гг. до 150,3 куб. км в 1978—1979 гг. Расходы воды в устье колеблются от 275 до 9500 куб. м/с. Столь значительные колебания расхода и стока оказывали отрицательное влияние на развитие земледелия и промышленности. Бурные паводки затопляли земли, населенные пункты, промышленные предприятия, дороги и линии связи, а в межень из-за отсутствия воды снижались урожаи сельскохозяйственных культур. В древние времена египтяне использовали земли, затоплявшиеся паводковыми водами, для выращивания ежегодно одного урожая. Сахарный тростник и хлопок, получившие распространение в Египте в текущем столетии, потребовали круглогодового орошения, которое невозможно без создания водохранилищ. В 1902 г. на р. Нил была построена Асуанская плотина высотой 22 м. Ею было образовано водохранилище объемом 1 куб. км. В 1912 г. объем водохранилища путем наращивания плотины увеличили до 2,5 куб. км, а в 1933 г. — до 5 куб. км. Однако вскоре поняли, что полное использование нильских вод для сельского хозяйства и других целей может быть достигнуто лишь путем строительства крупных водохранилищ многолетнего регулирования. Осуществить этот грандиозный замысел удалось лишь в годы правления президента Г. А. Насера и образования республики. В 60-х годах приступили к строительству высотной Асуанской плотины, образовавшей одно из крупнейших водохранилищ мира — На́сер (Кинауи, Шенуда, 1975; Environmental Effects..., 1979). Заполнение водохранилища происходило в 1970—1975 гг. Его полный объем — 157 куб. км, полезный — 74 куб. км, площадь — 5120 кв. км, длина около 500 км, средняя глубина — 30 м и максимальная — 130 м. Средняя ширина водохранилища — 9 км, максимальная — 40 км. Оно осуществляет многолетнее регулирование стока. В настоящее время Нил принадлежит к числу немногих больших рек мира, сток которых полностью контролируется и используется. Водохранилище создано в целях ирригации, борьбы с наводнениями, энергетики, судоходства.





163. Участок (слева) долины р. Нил в период заполнения водохранилища Насер (Египет, Судан)

Туристы (справа) у восстановленного храма Абу-Симбел на берегу водохранилища Насер (Египет)

С 1968 г. площадь, занятая под рисом, увеличилась со 120—160 тыс. до 500 тыс. га. Благодаря наличию воды в любое время года осенние сорта кукурузы были заменены на летние, что позволило в 1,5 раза увеличить урожаи. На новых землях получило широкое распространение выращивание сахарного тростника. Основной эффект водохранилища для сельского хозяйства заключается в том, что вместо одного урожая в год стали получать 2—3 урожая и аккумулированными в нем водами можно дополнительно оросить 550 тыс. га земель и улучшить водообеспеченность 300 тыс. га орошаемых земель. Режим эксплуатации водохранилища подчинен в основном требованиям ирригации, поскольку продукты сельского хозяйства составляют 80% экспорта страны. В печати сообщалось о страшных последствиях засухи, поразившей в 1984 г. африканский пояс Сахеля, в особенности Эфиопию. Египетские специалисты отмечали, что невозможно представить размеры ущерба, который был бы нанесен Египту самой смертоносной засухой за последние 400 лет, если бы не использование запасов вод этого крупного водохранилища.

Трудно переоценить значение водохранилища Насер для борьбы с катастрофическими наводнениями. Общая установленная мощность ГЭС Садд-Эль-Аали — 2,1 млн. кВт · ч. Она может вырабатывать до 10 млрд. кВт · ч электроэнергии в год, что составляет половину всей электроэнергии, производимой в стране. Дешевая электроэнергия ГЭС послужила мощным толчком для развития промышленности. К 1987 г. намечается завершить электрификацию сельских населенных пунктов. Население г. Асуана, расположенного в 10 км ниже плотины, увеличилось с 1960 г. с 30 тыс. до 700 тыс. человек. Здесь построены такие крупные промышленные предприятия, как завод по производству химических удобрений, металлургический завод, целлюлозный и сахарный заводы, фанерные и молочные предприятия. Фосфатные, каолиновые и другие рудники также возникли в связи со строительством плотины. Уловы рыбы возросли с 750 т до 20 тыс. т.

До начала строительства плотины число туристов в Асуане не превышало 60—80 тыс. в год. Сейчас сотни тысяч египтян и иностранных туристов стремятся посетить эти места, богатые памятниками древней цивилизации (рис. 163). Многие туристы прибывают в Асуан в плавучих гостиницах, следующих сюда по Нилу из Каира. Поселок Абу-Симбел, построенный в связи с проведением работ по защите двух знаменитых храмов Рамзеса II, поднятых из зоны затопления и установленных выше уровня воды, преобразован в туристский центр. За последние годы здесь построены аэродром, перво-

классные гостиницы с кондиционерами и бассейнами.

Водохранилище оказало определенное влияние и на климат района. Сейчас чаще, чем прежде, отмечается низкая облачность, дожди стали выпадать почти ежегодно, а раньше дождь в этом районе был один раз в 40—50 лет. Температура воздуха над водохранилищем на 2° ниже, чем в Асуане, а относительная влажность выше на 15—20%. Влияние бриза чувствуется на расстоянии 1—2 км от водохранилища. Это благоприятно влияет на условия ведения земледелия в прибрежной зоне. Намного увеличилось число перелетных птиц. Особенно много их на островах с дикой растительностью.

Но создание водохранилища имеет и негативные стороны. Водохранилище задерживает значительную часть наносов. В естественном состоянии Нил нес около 134 млн. т взвешенных веществ — песка, ила, глины. Теперь пойменные земли, расположенные ниже плотины, лишены плодородного ила. Расчеты показывают, что эту потерю можно компенсировать внесением 13 тыс. т удобрений в год в виде азотнокислого кальция, производимого на заводе в Асуане. Стоимость этих удобрений примерно втрое меньше затрат на работы по очистке каналов от наносов, проводившихся прежде в периоды паводков.

Другая проблема — активизация переформирования берегов египетского побережья Средиземного моря. До создания водохранилища Насер имелось динамическое равновесие между абразией побережья и отложением наносов Нила. В связи с задержанием наносов в водохранилище на побережье стала преобладать абразия, началось отступление берега, подмыв оснований защитных дамб. Образующиеся при размыве берегов песчаные дюны перемещаются, засыпают поля и населенные пункты. Для ослабления размывающей способности осветленной воды с небольшим содержанием наносов ниже Асуана предполагается в целях замедления скоростей течения создать каскад низконапорных плотин; затраты на это строительство оцениваются в 250 млн. долл.

Поскольку поступление питательных веществ в Средиземное море сократилось, уловы сардин в восточной части моря уменьшились на 95%. В последние годы в связи с принятием мер появились признаки, подтверждающие возвращение сардин в некоторые прибрежные районы моря.

Уменьшение мутности Нила ниже плотины Садд-Эль-Аали привело к усилению фотосинтеза и цветению воды в реке. Цветению способствует также поступление водорослей из оросительных коллекторов и биогенов с орошаемых земель и с промышленными стоками.

В связи с круглогодичным орошением и созданием благоприятной среды обитания для водных организмов — переносчиков некоторых паразитарных болезней появилась вероятность увеличения числа случаев заболеваний шистосомозом. Шистосомоз, поражающий внутренние органы человека, — извечная проблема Египта; яйца паразитов были найдены внутри мумий, извлеченных из гробницы Тутанхамона.

Одна из серьезнейших проблем при создании водохранилища Насер — переселение 50 тыс. нубийцев (Dams in Africa, 1968). Часть из них трижды покидала приречную зону из-за строительства в 1902 г. и надстройки в 1912 и 1933 гг. Асуанской плотины. Молодежь мигрировала в эти годы в другие районы Египта. С созданием высотной Асуанской плотины переселение жителей на более высокие места было невозможно по почвенным и климатическим условиям. С учетом пожеланий нубийцев был выбран новый район расселения — Ком-Омбо, к югу от Асуана. Египетское правительство, возглавляемое Г. А. Насером, проявило комплексный подход к переселению нубийцев, оказав экономическую, социальную и техническую помощь переселенцам. Было построено около 16 тыс. домов по подобию нубийских жилищ. Новый район получил название Новая Нубия, а 33 деревням были даны названия старых деревень. С целью сохранения тесных семейных и общинных связей между жителями деревни были расположены в том же порядке, в каком

они размещались до переселения. В каждой деревне были построены начальная школа, медпункт, гостиница, пекарня, спортплощадка и мечеть. Дороги связывают деревни с магистральным шоссе. В районе были созданы центральная больница, средняя школа, школа по подготовке учителей, полицейские участки, четыре комплексных сельских центра, в том числе сельскохозяйственная и медицинская службы. Все это позволило предотвратить отток жителей в города.

Заметим, кстати, что, пожалуй, нет другого водохранилища, вокруг которого было бы так много споров. В буржуазной печати наряду с указанием на реальные отрицательные последствия создания водохранилищ было много вымысла и клеветы. И все это потому, что к созданию высотной Асуанской плотины был причастен Советский Союз. При этом игнорировался тот факт, что проектные работы по выбору параметров водохранилища Насер, режима его эксплуатации, мероприятий по предотвращению нежелательных последствий создания водохранилища и т. п. были проведены египетскими и иностранными фирмами без участия советских специалистов. Нельзя не отметить, что водохранилище Насер сыграло свою роль уже в 1964 году, когда был перекрыт Нил. Паводок этого года был самым высоким за 100 предшествовавших лет, и недостроенная плотина позволила частично задержать его и тем самым спасти долину Нила от катастрофического наводнения, а в последующие два маловодных года накопленная вода была использована для ирригации. Только за 1964—1967 гг. эффект от сооружения гидроузла был оценен в 200 млн. египетских фунтов, т. е. плотина окупила почти половину своей стоимости еще до пуска ГЭС. Плотина и водохранилище повышают ежегодный национальный доход АРЕ на 230 млн. египетских фунтов в год. Советскими же специалистами были запроектированы только плотина и здание гидроэлектростанции. Поскольку советский проект был отмечен как лучший на конкурсе, объявленном Египетским правительством, строительство указанных объектов было осуществлено с помощью Советского Союза.

В последнее десятилетие исследуется возможность создания в Египте самого крупного в мире наливного водохранилища с морской водой длиной 300 км, шириной 100 км и площадью водного зеркала 12 100 кв. км. Это водохранилище намечается создать во впадине Каттара путем соединения ее со Средиземным морем каналом длиной 76 км. Основная цель проекта — строительство ГЭС с напором 60 м и установленной мощностью 1,2 млн. кВт. При этом слой годового испарения воды в водохранилище будет равен 1,8 м. Работы по строительству канала предполагается осуществить атомными взрывами. Особое внимание обращается на возможность использования водохранилища для бурения с платформ на газ и нефть (в естественных условиях это невозможно из-за наличия болот на дне впадины), превращение озера в объект туризма, сооружение в будущем ГАЭС Каттара-2 установленной мощностью 1,2 млн. кВт с размещением ее верхнего бассейна на плато с отметками поверхности 188—215 м. В будущем намечается создание у водохранилища Каттара предприятий галургической промышленности, поскольку, по имеющимся расчетам, примерно через 80 лет минерализация воды достигнет 33%. Предварительные расчеты показывают, что благодаря повышению влажности улучшатся климатические условия прилегающей территории.

Судан. Почти всю территорию страны занимают плато с отметками 500—1000 м, приподнятые по краям. Климат на севере тропический, очень сухой, на юге экваториальный муссонный, с сухой зимой и дождливым летом. Годовая сумма осадков колеблется от 1200 мм на юге до 25 мм на севере. Средний годовой сток от 200 мм на юге до 1 мм на севере. Более $^3/_4$ стока приходится на четыре месяца: июль—октябрь. Основная водная артерия — Нил. Много временных водотоков (соры).

В стране есть четыре больших водохранилища, основное назначение которых — орошение земель. Два из них: Сеннар объемом 930 млн. куб м и площадью 140 кв. км создано в 1925 г. и Росейрес объемом 3000 млн. куб. м и площадью 290 кв. км было заполнено

в 1966 г. (после повышения уровня плотины на 10 м в 1971 г. его объем достиг 400 млн. куб. м). Водохранилище Гебель-Аулия объемом 3,2 млрд. куб. м и площадью 600 кв. км сооружено на р. Нил в 1937 г., водохранилище Хашм-эль-Гирба объемом 1,3 млрд. куб. м построено на притоке Нила р. Атбара. Водами этого водохранилища орошается 210 тыс. га земли.

4. ВОДОХРАНИЛИЩА ЗАПАДНОЙ АФРИКИ

Западная Африка — обширный регион, в пределах которого располагается ряд небольших, средних и крупных по площади стран. Здесь находятся Сенегал, Мали, Нигер, Гамбия, Гвинея-Бисау, Гвинея, Сьерра-Леоне, Либерия, Кот-д'Ивуар, Буркина-Фасо (Верхняя Вольта), Гана, Того, Бенин, Нигерия. Как и Северная Африка, регион неоднороден в географическом отношении. По побережью Атлантического океана и по долинам крупных рек простираются низменности. Большая часть территории занята возвышенностями с преимущественными высотами от 200 до 1000 м. Горные массивы, не превышающие 2000 м, занимают относительно небольшую площадь.

Годовая сумма осадков колеблется от 5200 мм на юго-западе до 50 мм на севере. Внутригодовое распределение осадков неравномерно. На большей части территории дожди выпадают в основном в июне—сентябре. На севере региона зимние осадки практически равны нулю. Сток многочисленных рек хорошо коррелирует с осадками. Самая большая река региона — Нигер, одна из крупнейших рек Африки. Здесь же протекает множество других относительно крупных рек: Сенегал, Гамбия, Конкуре, Рокел, Сент-Пол, Сент-Джон, Кавалли, Сасандра, Бандама, Комоэ, Вольта, Моно, Веме. На юго-западном побережье реки полноводны во все времена года, на севере преобладают временные водотоки.

Экономическое развитие стран началось лишь в последние десятилетия, после освобождения от колониальной зависимости. Поэтому водохранилищ в Западной Африке довольно мало. Однако здесь находятся три очень крупных водохранилища — Каинджи, Косу и Манантали и одно из крупнейших водохранилищ мира — Вольта. Все водохранилища созданы во второй половине XX века (см. табл. X-4).

Таблица X-4
Распределение водохранилищ объемом свыше 100 млн. куб. м по странам Западной Африки

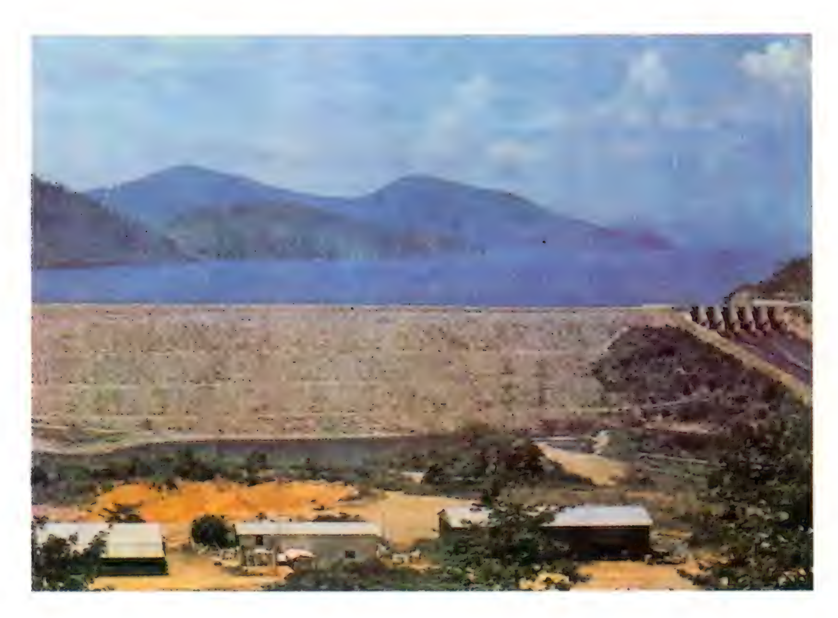
Страна	После 1950 г. Количество	После 1950 г. Полный объем, куб. км	Всего Количество	Всего Полный объем, куб. км
Гвинея	1	0,22	1	0,22
Мали	2	13,27	2	13,27
Кот-д'Ивуар	5	39,35	5	39,35
Гана	2	148,25	2	148,25
Того	1	1,00	1	1,00
Нигерия	5	19,18	5	19,18
Всего	16	221,22	16	221,22

Гвинея. В 1969 г. здесь было заполнено водохранилище Баниера на р. Саму объемом 223 млн. куб. м. Многочисленные сообщения о создании или подготовке большого водохранилища Суапити объемом 17,2 куб. км и площадью 660 кв. км не подтверждаются официальными данными.

Мали. Наряду с небольшими энергетическими и ирригационными водохранилищами в стране создано два больших. Одно из них, Манантали на р. Баффинг, заполненное в 1980—1981 гг., относится к числу очень крупных. Его полный объем — 13,1 куб. км, полезный — 11,6 куб. км, площадь водного зеркала — 500 кв. км, средняя глубина — 26 и максимальная свыше 60 м. Водохранилище предназначено для орошения 255 тыс. га, используется также в целях энергетики, судоходства и борьбы с наводнениями. Второе водохранилище — Селинга на р. Санкарани, заполненное к 1980 г. (полный объем — 2 куб. км, площадь зеркала — 430 кв. км), позволяет орошать 60 тыс. га и используется в целях энергетики.

Кот-д'Ивуар. Кроме небольших водохранилищ в стране есть два средних, два крупных и одно очень крупное водохранилище. К крупным относятся: Аяме на р. Биа объемом 1,25 куб. км и площадью 186 кв. км и во-

164. Водохранилище и гидроузел Вольта (Гана)



дохранилище Буйо на р. Сассандра полным объемом 8,4 куб. км, полезным — 7,0 куб. км и площадью 900 кв. км. К числу очень крупных принадлежит водохранилище Косу на р. Белая Бандама. Оно было заполнено в 1972—1978 гг. Полный объем — 29,5 куб. км, полезный — 25,9 куб. км, площадь — 1855 кв. км, длина — 150 км, средняя глубина — 16 м. Большинство водохранилищ созданы в интересах энергетики, ирригации и рыболовства.

Гана. Как уже говорилось, эта страна известна, в частности, тем, что в ней создано самое крупное в мире по площади водного зеркала водохранилище Вольта (рис. 164). Его площадь — 8480 кв. км, оно занимает 3,6% территории страны (самый высокий в мире показатель). Водохранилище создано на одноименной реке. Его заполнение происходило в 1964—1967 гг. Объем — 148 куб. км, полезный — 80 куб. км, длина — 400 км, максимальная глубина около 80 м, средняя — 18 м. Длина береговой линии превышает 7 тыс. км. Водохранилище протянулось с севера на юг от зоны саванн до зоны тропических лесов. Многочисленные острова, проливы, заливы придают ему живописный вид.

Основной целью создания водохранилища была выработка электроэнергии на ГЭС Акосомбо для снабжения алюминиевого завода в г. Тема. Плотина Акосомбо построена в месте, где река имеет большой перепад, так как прорезает кварциты и известняки холмов Аквапим и выходит на равнины Нижней Вольты. Проектная мощность ГЭС Акосомбо — 883 тыс. кВт; вырабатываемая ею электроэнергия снабжает почти всю энергосистему Ганы. В связи с созданием водохранилища и строительством алюминиевого завода были построены железная и автомобильная дороги и порт Тема, образовавший с портом Аккра единую конурбацию с населением 1,5 млн. человек. Следует отметить, что создание водохранилища Вольта усилило экономическую диспропорцию в экономическом развитии Северной и Южной Ганы.

Кроме своего основного назначения — гидроэнергетики — водохранилище Вольта используется для рыболовства, ирригации, водоснабжения и водного транспорта. Развитие рыболовства вызвано не только появлением огромного водоема и необходимостью дать источник существования большинству переселяемого населения, но и потребностью существенно повысить долю белковых веществ в питании большей части населения. Ведь разведение крупного рогатого скота во многих районах ограничено из-за распространения мухи цеце. Там, где до создания водохранилища велось лишь местное рыболовство на р. Вольта, теперь запланировано полу-

чать около 60 тыс. т рыбы в год, т. е. такое ее количество, которое равно всему морскому улову Ганы. Численность занятого в рыболовстве населения превысила 12 тыс. человек.

На равнинах Аккра всегда существовало орошаемое земледелие, поскольку это наиболее сухие районы побережья Гвинейского залива. Создание крупного водохранилища создало большие возможности для увеличения объема и интенсификации сельскохозяйственного производства, основой которого служит рис и сахарный тростник — главные в настоящее время ввозимые продовольственные культуры. Водохранилище позволяет оросить 320 тыс. га. Перспективы орошаемого земледелия, несмотря на множество проблем, связанных с топографией, с типами почв, благоприятные; возможно заселение и освоение ранее не возделывавшихся земель.

Новый водоем дает воду городам Аккра и Тема. Сельское население также получает воду из водохранилища. Один из важных видов использования водохранилища — водный транспорт. Навигации на водохранилище благоприятствует совпадение основных грузопотоков с протяженностью водохранилища с севера на юг. Но пока эти возможности использованы далеко не полностью. В то же время создание водохранилища вызвало нарушение некоторых издавна существовавших переправ, например в районе Еджи, где переправа соединяла города Кумаси и Тамале. Проектом предусмотрено сооружение более крупной и лучше оборудованной переправы. Водохранилище в будущем станет составной частью усовершенствованной транспортной системы всей страны. Оно будет способствовать дальнейшему развитию сельского хозяйства и рыболовства, разработке залежей железной и марганцевой руд, что станет основой создания ферромарганцевого промышленного комплекса страны. Осуществление программы развития района требует больших финансовых средств.

Создание водохранилища Вольта вызвало необходимость переселения свыше 70 тыс. человек различных этнических и языковых групп. Они жили в 739 селениях разной величины. Теперь жители переселены в 52 новых поселка. Районы вселения выбирались комиссиями, в состав которых входили геологи, почвоведы, агрономы, экономисты, строители. Важнейшими критериями выбора мест новых селений были: пригодность земель для ведения сельского хозяйства и строительства и пожелания переселенцев. Каждой семье предоставлялась сумма на строительство дома в 1—3 комнаты. Лишь 13% переселенцев, в основном рыбаки тонгу, переселились самостоятельно, получив компенсацию за имевшуюся собственность. Правительство Ганы оплачивало стоимость строительства школ, церквей, переноса кладбищ. Были предусмотрены даже 10 тыс. ф. ст. на жертвоприношения предкам и богам в целях установления доброжелательных отношений между управлением строительства и населением, что оправдывает эти затраты.

Заметим, что заполнение столь крупного водохранилища сопровождалось землетрясениями, которые были отмечены здесь и в 1964 г., когда объем водохранилища составлял 28 куб. км, и в 1966 г. (102 куб. км), и в 1969 г., когда объем водохранилища несколько превысил проектную отметку.

Того. В 1981—1985 гг. заполнено крупное водохранилище объемом 1 куб. км на р. Моно, созданное для орошения 42,5 тыс. га, выработки электроэнергии и борьбы с паводками.

Нигерия. Наряду со многими небольшими водохранилищами в Нигерии создано три средних, одно крупное и одно очень крупное — Каинджи на р. Нигер. Его заполнение происходило в 1967—1968 гг. Полный объем водохранилища — 15,1 куб. км, полезный — 11,5 куб. км, площадь — 1270 кв. км, длина около 140 км, максимальная ширина — 30 км, средняя глубина — 10 м, максимальная — 60 м. Уровень водохранилища колеблется в пределах 10 м. Водохранилище создано в интересах энергетики, ирригации, судоходства и рыболовства. В период подготовки его ложа переселено 44 тыс. человек.

5. ВОДОХРАНИЛИЩА ЦЕНТРАЛЬНОЙ АФРИКИ

В Центральной Африке находятся Камерун, Экваториальная Гвинея, Габон,



165. Водохранилище Нзило (Заир)

Конго, Чад, Центрально-Африканская Республика, Заир, Ангола. Большую часть региона занимает обширная впадина Конго, обрамленная столово-ступенчатыми плато и плоскогорьями высотой 1000—1500 м и более. Климат жаркий, постоянно влажный или с длительным влажным сезоном. Годовая сумма осадков колеблется от 1000 мм по краям региона до 9600 мм в районе вулкана Камерун. Внутригодовое распределение осадков по сравнению с другими регионами Африки относительно равномерно, особенно в экваториальном поясе.

Основная часть территории наводится в бассейне самой полноводной реки континента — Конго. Из других рек назовем Санагу, Огове, Ньянгу, Квилу, Мбридже, Ложе, Кванзу. Сток рек характеризуется сравнительной равномерностью. Речная сеть самая густая и многоводная в Африке, реки большей частью порожисты, обладают колоссальными запасами гидроэнергии, оцениваемой в 500 млн. кВт. Из сказанного следует, что необходимость в создании большого числа крупных водохранилищ в этом районе отсутствует, что и подтверждается данными табл. X-5. Все водохранилища Центральной Африки больше чем на порядок уступают каждому из таких крупных африканских водохранилищ, как Насер, Вольта, Кариба.

К а м е р у н. На территории страны находятся два крупных и одно среднее водохранилище, используемые в основном в целях гидроэнергетики. Самое большое водохранилище страны — Мбакау — создано на р. Санага в 1971 г. Его объем — 2,6 куб. км. Второе по величине водохранилище — Бамеджин, заполненное в 1974 г., имеет объем в 1,8 куб. км.

З а и р. В стране есть два крупных водохранилища. Одно из них — Мвадингушта (ГЭС Франки) — сооружено на р. Луфира в 1930 г. После реконструкции в 1954 г. его объем достиг 1,25 куб. км, площадь — 446 кв. км. Водохранилище очень мелководно, средняя глубина — 3 м. Водохранилище Нзило (Делькоммюн) (рис. 165) образовано на р. Луалабе в 1952 г. Его полный объем — 1,73 куб. км, площадь — 207 кв. км, средняя глубина около 9 м.

А н г о л а. Помимо небольших водо-

Таблица X-5

Распределение водохранилищ объемом свыше 100 млн. куб. м по странам Центральной Африки

Страна	1901 — 1950 гг.		После 1950 г.		Всего	
	Количество	Полный объем, куб км	Количество	Полный объем, куб км	Количество	Полный объем, куб км
Камерун	—	—	3	4,55	3	4,55
Габон	—	—	1	0,22	1	0,22
Заир	1	0,60	1	2,43	2	3,03
Ангола	—	—	3	4,25	3	4,25
В с е г о	1	0,60	8	11,45	9	12,05

хранилищ на территории страны находятся два крупных и одно среднее. Водохранилище Гове на р. Кунене было заполнено в 1973 г., его полный объем равен 2,6 куб. км, максимальная глубина превышает 60 м. Водохранилище Куиминха на р. Бенго заполнено в конце 70-х годов. Его полный объем — 1,6 куб. км.

6. ВОДОХРАНИЛИЩА ВОСТОЧНОЙ АФРИКИ

К Восточной Африке относятся государства, расположенные в экваториальных и субэкваториальных поясах между Эфиопским плоскогорьем на севере, впадиной Конго на западе, нижним течением Замбези на юге и Индийским океаном на востоке. На территории Восточной Африки находятся Эфиопия, Сомали, Джибути, Кения, Уганда, Руанда, Бурунди, Танзания, Малави. За исключением узкой полосы приморской низменности, всю территорию занимает Восточно-Африканское плоскогорье высотой более 1000 м. Возвышенные равнины чередуются с глубокими и узкими сбросовыми впадинами, глыбовыми горами и лавовыми плато.

Климат экваториально-муссонный, жаркий, на высоте более 1500—2000 м — теплый. Годовая сумма осадков на большей части территории — в пределах 600—2000 мм. К северу от экватора до $^3/_4$ осадков выпадает в летний период, к югу — в зимний период.

Восточно-Африканское плоскогорье служит водоразделом между бассейнами Нила, Конго, Замбези и других рек. Наиболее крупные реки, впадающие в Индийский океан: Веби-Шебели, Джуба, Тана, Ати, Пангани, Вами, Руфиджи, Рувума, Месало, Лурио. Имеются и бессточные территории. Очень важный элемент гидрографической сети — крупные озера, заполнившие сбросовые впадины (Танганьика, Ньяса, Рудольф и др.) или же, как оз. Виктория, располагающиеся в неглубоких понижениях цокольных равнин (Дмитревский, Олейников, 1979). Средний годовой слой стока на большей части территории от 50 до 500 мм (данные о водохранилищах см. в табл. X-6).

Э ф и о п и я. Помимо большого числа небольших водохранилищ в Эфиопии

Таблица X-6
Распределение водохранилищ объемом свыше 100 млн. куб. м по странам Восточной Африки

Страна	После 1950 г. Количество	После 1950 г. Полный объем, куб. м	Всего Количество	Всего Полный объем, куб. м
Эфиопия	2	2,55	2	2,55
Уганда*	1	204,80**	1	204,80
Кения	3	1,90	3	1,90
Танзания	2	1,26	2	1,26
В с е г о	8	210,51	8	210,51

* Подпруженное плотиной Оуэн-Фолс озеро Виктория располагается на территории также Танзании и Кении.
** Указан только дополнительный объем в результате подпора озера.

есть крупное водохранилище Кока, созданное в 1960 г. на р. Аваш. Объем его — 1,9 куб. км. В 1973 г. на р. Финчо было создано водохранилище того же названия объемом 650 млн. куб. м.

У г а н д а. На вытекающей из оз. Виктория р. Виктория-Нил в 50-х годах построена плотина Оуэн-Фолс, которая подняла уровень воды в озере на 3 м, превратив его в самое крупное на земном шаре озеро-водохранилище с полезным объемом 204,8 куб. км. В противоположность водохранилищу Вольта плотина Оуэн-Фолс не была запроектирована как многоцелевой объект. Гидроузел был построен для обеспечения электроэнергией Уганды. Общая мощность ГЭС Оуэн-Фолс — 300 тыс. кВт.

Площадь оз. Виктория без островов — 76 тыс. кв. км. Среднегодовая амплитуда колебаний уровня — 30 см, максимальная многолетняя до 1961 г. — 1,65 м. В 1962 г. она превысила этот прежний максимум на 54 см, в 1963 г. — на 106 м и в 1964 г. — на 141 см и достигла 3,06 м. Средний годовой баланс озера: осадки —84,4 куб. км, приток —12,7 куб. км, что составляет 97,1 куб. км, расходная часть баланса: сток — 20,4 куб. км, испарение — 76,7 куб. км. Трудно сказать, в какой мере с помощью оз. Виктория (рис. 166) удалось зарегулировать сток Нила на территории Судана и Египта, поскольку половина воды, поступающей из области Великих озер, испаряется в болотистой области Судана — Судд. Для снижения потерь на испарение, безусловно, необхо-

166. Вид на крупнейшее по площади и полезному объему озеро-водохранилище Виктория в верховьях р. Нил (Уганда, Кения, Танзания)



димы строительство канала и осуществление других гидротехнических и мелиоративных мероприятий в этом районе. Предполагалось, что строительство гидроэлектростанции вызовет спонтанное развитие промышленности, но энергопотребление оказалось ниже ожидаемого. Это объясняется, в частности, тем, что передача электроэнергии на дальние расстояния ограничивается климатическими условиями (район подвержен частым грозам, высокая относительная влажность воздуха и др.).

Несмотря на то что водохранилище Оуэн-Фолс — крупнейшее по объему в мире, оно вызвало относительно незначительные изменения в природе и хозяйстве окружающих территорий, поскольку берега озера не были интенсивно застроены и заселены, а превышение уровня по отношению к максимальному многолетнему до 1961 г. составило всего лишь 1,4 м. Потребовалось переоборудовать только порты. Рыболовство, которое всегда было основным занятием прибрежного населения, продолжает и ныне интенсивно развиваться, а уловы рыбы значительно пополняют недостаток белковых веществ в питании местного населения.

Кения. Наряду с небольшим водохранилищем одноцелевого и комплексного назначения на р. Тана есть одно крупное и два средних водохранилища. Полный объем водохранилища Масинга — 1 560 млн. куб. м, полезный — 900 млн. куб. м, площадь — 120 кв. км, длина — 45 км, максимальная глубина — 52 м. Водохранилище создано в интересах энергетики, ирригации и борьбы с паводками. Объем водохранилища Севен-Фокс — 185 млн. куб м и Камбуру — 150 млн. куб. м.

Танзания. Самое крупное водохранилище в стране — Ньюба-я-Мунгу на р. Пангани. Его полный объем — 1 135 млн. куб. м, полезный — 1 млрд. куб. м, площадь — 150 кв. км. Водохранилище используется комплексно, заполнено в 1966 г. На р. Большая Руаха в 70-х годах было сооружено водохранилище Кидату объемом 125 млн. куб. м.

7. ВОДОХРАНИЛИЩА ЮЖНОЙ АФРИКИ

Южная Африка — природная область, расположенная к югу от водораздельного плато Конго — Замбези. К ней относят также и о. Мадагаскар. Большая часть территории занята высокими равнинами Калахари, окруженными плоскогорьями высотой до 1500—2000 м и горными хребтами, обрывающимися крутыми уступами к низменностям Атлантического и Индийского океанов. В пределах Южной Африки находятся Намибия, Замбия*, Зимбабве, Мозамбик, Мадагаскар, Южно-Африканская Республика, Ботсвана, Свазиленд, Лесото. Климат преимущественно тропический, большей частью засушливый, на крайнем юге — субтропический.

В Индийский океан впадают Замбези и Лимпопо — крупнейшие реки региона, а также Сави, Тугела, Грейт-Кей, Грейт-Фиш и Сандис. В Атлантический океан несут свои воды Оранжевая, Кунене, а также Угаб, Свакопу.

Годовая сумма осадков колеблется от 500 мм на западе до 1200 на севере, востоке и юге региона. На большей части территории свыше $^{3}/_{4}$ осадков выпадает в зимнее полугодие. Средний годовой сток рек колеблется от 1 до 400 мм. Реки наиболее полноводны в пе-

* Замбия отнесена к региону Южной Африки, поскольку как и Зимбабве, и Мозамбик, она находится в бассейне р. Замбези и имеет общее с Зимбабве крупнейшее водохранилище Кариба.

риод с ноября по март. На территории региона господствуют сухие листопадные редколесья, различные типы саванн и пустынь. Лишь на крайнем юге — субтропические вечнозеленые леса. Представление о распределении водохранилищ Южной Африки по странам и времени создания дает табл. X-7.

Замбия. Помимо ряда небольших водохранилищ на территории страны находятся три средних по объему и одно из величайших водохранилищ в мире — Кариба (рис. 167). Созданное путем строительства высотной плотины на р. Замбези, оно располагается на территории двух стран — Замбии и Зимбабве. Его заполнение происходило в 1959—1963 гг. Водохранилище раскинулось в холмистой местности и заняло всю среднюю часть долины р. Замбези. В первый же год глубина его составила 60 м. Через 4,5 года оно достигло проектной отметки. Полный объем водохранилища — 160,3 куб. км, полезный — 46 куб. км, площадь — 5364 кв. км, длина — 280 км, средняя ширина — 20 км, максимальная — 40 км, средняя глубина — 29 м, максимальная — 113 м, длина береговой линии — 3155 км. Водохранилище делится на четыре участка, отделенных друг от друга сужениями между мысами или цепью островов. В 100 км от водохранилища выше по реке находится один из самых больших водопадов мира — Виктория.

Таблица X-7

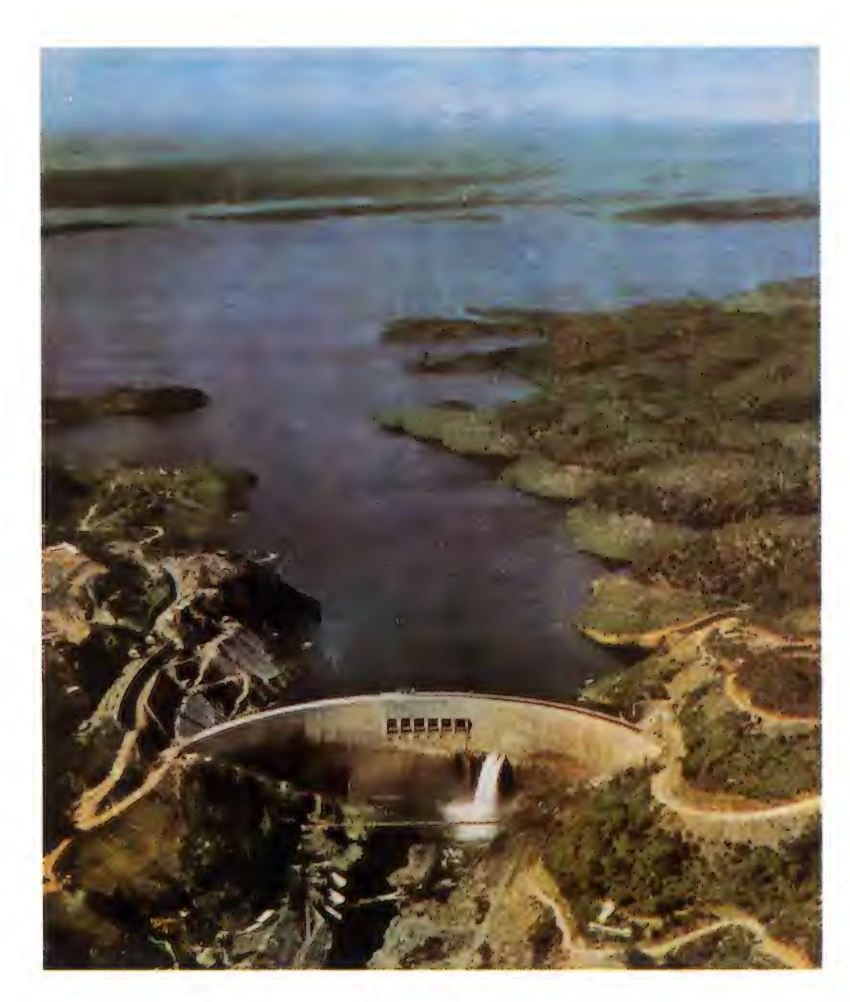
Распределение водохранилищ объемом более 100 млн. куб. м по странам Южной Африки

Страна	До 1901 г.	1901—1950 гг.	После 1951 г.	Всего
Замбия	—	1 / 252	3* / 161 317	4 / 161 569
Зимбабве	—	—	7 / 2 390	7 / 2 390
Мозамбик	—	—	3 / 67 884	3 / 67 884
Мадагаскар	—	1 / 125	1 / 260	2 / 385
ЮАР	1 / 115	7 / 3 689	22 / 19 312	30 / 23 116
Всего	1 / 115	9 / 4 066	36 / 251 163	46 / 255 344

* Южная часть водохранилища Кариба находится на территории Зимбабве.

Водохранилище создано в интересах энергетики, судоходства, ирригации, рыболовства и борьбы с наводнениями. Первоначальной целью строительства было обеспечение электроэнергией горнодобывающей промышленности. Мощность ГЭС — 1200 МВт, среднегодовая выработка электроэнергии — 7 млрд. кВт· ч. Из водохранилища орошаются плантации сахарного тростника, риса, кукурузы, табака. При планировавшейся добыче рыбы 150 тыс. ц фактические уловы (как из-за природных условий, так и по причине непостоянства режима уровней) сильно колеблются от года к году. Рыболовство имеет большое значение ввиду крайне слабого развития животноводства из-за обилия мухи цеце. В районе водохранилища ведутся работы по борьбе с мухой цеце и малярийным комаром. Частично это связано и с желанием привлечь больше туристов; десятки тысяч их посещают знаменитый водопад Виктория в ущелье «Горло дьявола». На берегах водохранилища строятся отели, турбазы, пристани, создается флот из пассажирских судов, катеров и лодок.

Водохранилище Кариба очень теплое — температура воды в течение года колеблется от 17 до 32°С. Прозрачность изменяется от 1 до 12 м как по сезонам года, так и по отдельным участкам водохранилища. По проведенным расчетам, срок заиления водохранилища превышает тысячу лет. Первые четыре года, в период первоначального заполнения, наблюдалось высокое содержание растворенных веществ и бурное развитие папоротника сальвиния. Затем содержание растворенных веществ в воде быстро понизилось, они или поглощались растениями или выносились через плотину в нижний бьеф. В своем развитии водохранилище прошло путь от евтрофного к мезотрофному и в настоящее время считается олиготрофным водоемом. Скопления рыбы отмечаются только в прибрежных районах водохранилища, примерно на 40% его общей площади. Число видов рыб после зарегулирования увеличилось с 29 до 40. Большинство новых видов натурализовалось, проникнув из верховий реки через водопад Вик-



167. Водохранилище и гидроузел Кариба на р. Замбези (Замбия и Зимбабве)

тория. Вселенные в водоем, в частности из оз. Танганьика, новые виды — тиляпия макрохир и лимнотрисса миодон — очень быстро появились в промысловых уловах. В водохранилище уже в первые годы существовало большое стадо угря. До сих пор остается неясным, каким образом угри из нижнего течения р. Замбези проникают в водохранилище, ведь высота плотины равна 128 м, а рыбопропускные сооружения отсутствуют.

Из остальных водохранилищ Замбии заслуживают упоминания Кафуэ-Годж, созданное на р. Кафуэ в 70-х годах (объем — 838 млн. куб.), Мулунгуши (252 млн. куб. м), образованное на реке одноименного названия в 1924 г., и Мита-Хилс (111 млн. куб. м), созданное на р. Лунсемфва в 1958 г.

З и м б а б в е. Реки порожистые, полноводны только в течение 4—5 месяцев. На территории страны находится южная часть одного из крупнейших водохранилищ мира — Кариба, описанного выше. Кроме того, за последние тридцать лет созданы десятки небольших, шесть средних и одно крупное водохранилище — Киле (объемом 1,3 куб. км, площадью 81 кв. км), сооруженное на р. Мтиликве в 1960 г. Его максимальная глубина около 70 м. Объем средних водохранилищ колеблется от 100 млн. до 300 млн. куб. м, их максимальные глубины — от 30 до 60 м. Большинство водохранилищ обеспечивают интересы водоснабжения, ирригации и энергетики.

М о з а м б и к. В стране создано значительное число водохранилищ, в том числе два крупных и одно из крупнейших водохранилищ мира — Кабора-Басса на р. Замбези (рис. 168). Его заполнение происходило в 1974—1977 гг. Полный объем водохранилища — 63 куб. км, полезный — 51,8 куб. км, площадь — 2700 кв. км, длина — 250 км, максимальная ширина — 38 км, средняя глубина — 23 м, максимальная — 150 м. Уровень водохранилища колеблется в пределах 36 м. Создано в интересах энергетики, ирригации, судоходства и рыболовства. Установленная мощность ГЭС Кабора-Басса — 400 МВт. Гидроэлектростанция снабжает электроэнергией Мозамбик и ЮАР.

Поскольку водные растения в водохранилище так же распространены, как и



168. Приплотинная часть водохранилища Кабора-Басса на р. Замбези (Мозамбик)

в Карибе, опасались, что узкое место — «горло» перед плотиной — будет сильно зарастать, но в связи с тем, что водохранилище ориентировано с запада на восток, преобладающие там юго-восточные ветры препятствуют зарастанию предплотинной акватории.

С другой стороны, водная растительность благоприятствует рыбоводству — это и пища для рыб, и место, где можно укрыться от хищников. Но если она сильно разрастается, то становится препятствием и для рыболовства и для судоходства. Начальная евтрофикация здесь не была такой интенсивной, как ожидалось по аналогии с водохранилищем Кариба.

Цветение воды в Кабора-Басса тоже незначительно из-за сильного ее перемешивания юго-восточными пассатами и стоковым течением. Соотношение притока и объема водохранилища здесь 1:1, в то время как на водохранилище Кариба 1:4.

В Замбези до перекрытия реки плотиной водилось 38 видов рыб, таких, как барбус, тиляпия, замбезийский барилиус и др. Эти рыбы после создания водохранилища исчезли, зато активно размножились хародиды, киприниды и др., а также появились некоторые новые виды.

Важная и сложная проблема в прилегающих к водохранилищу районах — частое заболевание жителей шистоматозом. Его переносчики — устрицы, обитавшие в слабопроточных мелководных заливах, заросших густой водной растительностью. После создания водохранилища они сильно размножились.

В 1959 г. на р. Ревуэ было создано водохранилище Оливейра (полный объем — 2 куб. км, полезный — 0,37 куб. км), в 1975—1976 гг. заполнено более крупное водохранилище, Массинжир на р. Элефантиш (объем — 2,9 куб. км).

М а д а г а с к а р (М а л а г а с и й с к а я Р е с п у б л и к а). Помимо нескольких десятков небольших водохранилищ создано два средних водохранилища. На р. Сев. Варахина в 1938 г. было заполнено водохранилище Мантасуа объемом 125 млн. куб. м, а на р. Южн. Варахина в 1956 г. — водохранилище Варахина объемом 260 млн. куб. м.

Ю А Р. Большинство рек имеет горный характер. Практически все они порожисты. Сток очень изменчив как в течение года, так и в многолетнем разрезе. Сток самой крупной реки — Оранжевой по отношению к среднемноголетнему колеблется от 18 до 250%. На зимний период (с октября по март) приходится около 80% стока, а на июль не более 1%.

Интересы ирригации и водоснабжения городов и крупных промышленных предприятий потребовали создания большого числа водохранилищ (Partl, 1971). В ЮАР насчитывается около 250 средних и крупных водохранилищ. Интенсивное их сооружение началось в первой половине XX столетия, наибольшее число создано в ирригационных целях. В стране много хороших по почвенным условиям земель, но не используемых в должной мере из-за недостатка воды. Все крупнейшие города страны — Иоханнесбург, Претория, Дурбан, Кейптаун, Порт-Элизабет — снабжаются питьевой водой из специальных водохранилищ объемом от нескольких десятков до нескольких сот миллионов кубометров. Почти все крупные водохранилища на-

ходятся в ведении министерства водного хозяйства. Насчитывается около 70 других владельцев водохранилищ. Среди них — города, горнодобывающие и промышленные предприятия, владельцы фруктовых плантаций. В ЮАР почти нет водохранилищ гидроэлектростанций. Это объясняется и большой неравномерностью стока (регулирование его требует очень больших капиталовложений в крупные водохранилища), и необходимостью резервирования воды в первую очередь для водоснабжения и орошения, и наличием в стране крупных месторождений каменного угля, позволяющих развивать теплоэнергетику.

В ЮАР в настоящее время продолжаются работы по строительству плотин и водохранилищ в бассейне р. Оранжевой. Схема использования водных ресурсов Оранжевой представляет собой крупный водохозяйственный проект, где путем создания трех крупных водохранилищ в среднем течении реки предполагается осуществить многолетнее регулирование ее стока.

Большие затруднения при эксплуатации вызывает быстрое заиление водохранилищ из-за обилия наносов. Их содержание достигает в р. Оранжевой 0,8% расхода воды, а в некоторых реках даже 3%.

Самое крупное водохранилище страны, Хендрик-Фервуд объемом почти в 6 куб. км, было создано на р. Оранжевой в 1972 г. Площадь его — 374 кв. км, длина — 75 км, наибольшая глубина около 90 м. Второе крупное водохранилище на р. Оранжевой — Ван-дер-Клуф. Его объем — 3,2 куб. км, площадь водного зеркала — 140 кв. км, наибольшая глубина около 100 м. Еще два крупных водохранилища имеются на р. Вааль, притоке р. Оранжевой. Это Вааль, заполненное в 1938 г. (объем — 2,4 куб. км), площадь — 300 кв. км, максимальная глубина около 50 м и Оппермансдрифт, заполненное в 1970 г. (объем — 1,3 куб. км, площадь — 228 кв. км, максимальная глубина около 40 м). Крупное водохранилище Стеркфонтейн сооружено на рубеже 70—80-х годов на р. Ньвеяаарспрут. Его объем — 2,7 куб. км, максимальная глубина около 90 м. Еще одно крупное водохранилище, Понголапорт (объем — 2,5 куб. км), создано в 1968 г. на р. Понгола. Из 24 средних водохранилищ 21 имеют объем от 100 до 300 млн. куб. м, и лишь водохранилища Цонца на р. Вот, Тиуотерсклуф на р. Сандерленд и Калкфонтейн на р. Рит имеют соответственно объемы в 513, 504, 391 млн. куб. м. Первые два заполнены в 70-х годах, а последнее значительно раньше, еще в 1938 г. Максимальная глубина средних водохранилищ колеблется в пределах от 10 до 110 м, а на большинстве из них — от 30 до 60 м. Из всего изложенного выше следует, что условия для создания водохранилищ в целом благоприятны.

8. НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ ВОДОХРАНИЛИЩ В АФРИКЕ

Реки Африки, стекая с плато, представляют хорошие условия для строительства плотин. Много створов с прочными породами, обилием строительных материалов. Сезонность стока в отдельных районах требует создания водохранилищ с годичным регулированием. Твердый сток, за исключением Нила, Оранжевой и некоторых горных рек Северной и Южной Африки, относительно мал. Поэтому проблемы заиления для ряда районов почти не существует.

Одно из последствий создания крупных водохранилищ в Африке — переселение значительного числа жителей в другие районы. Из зоны затопления водохранилища Кариба было переселено 50 тыс. человек племени тонга, водохранилища Насер — 120 тыс. нубийцев, водохранилища Вольта — 82 тыс. человек (или более 1% населения страны), принадлежащих к различным этническим группам, из зоны затопления водохранилища Каинджи переселилось около 50 тыс. человек (Dams in Africa, 1968). Список водохранилищ, при подготовке которых было переселено большое число людей, можно было бы продолжить.

Изменение окружающей среды в результате гидротехнического строительства — одна из причин, вызывающих наиболее массовое переселение жителей. Поскольку такое переселение носит вынужденный характер, а не является результатом личной инициативы, то и вся

ответственность за него ложится на государство или на соответствующее управление и монополии, наметившие и осуществляющие строительство.

Создание водохранилищ дает возможность улучшить социальные условия жизни переселенцев. Поэтому все затраты на переселение из зон, затопляемых водохранилищами, должны рассматриваться как капиталовложения в область материального и социального прогресса страны. Но не во всех странах понимается значение правильной и эффективной политики переселения. В некоторых случаях управления, занимавшиеся подготовкой водохранилищ, были недостаточно осведомлены о характере деятельности местных жителей, не знали точно и численность населения, подлежащего переселению из зоны затопления водохранилищ.

Чтобы переселение прошло эффективно, надо было провести широкий круг исследований и осуществить их задолго до начала строительства плотины и заполнения водохранилища. Переселение людей — благоприятное обстоятельство повышения жизненного уровня населения, оно также способствует общенациональному развитию. Надлежащим образом и вовремя спланированные зоны вселения могут стать новыми районами с улучшенным социальным обслуживанием. Но из-за трудностей с финансированием, из-за отсутствия опыта, недостатка времени на изучение и проведение всех необходимых мероприятий возможности для быстрых экономических и хозяйственных перемен, открывающиеся при таких масштабах переселения, используются недостаточно. Это особенно характерно для стран с политическим режимом, не ставящим задачи максимального удовлетворения нужд трудящихся. Так, на водохранилище Кариба многие мероприятия, необходимые при организации переселения, не проводились правительством или проводились в недостаточных масштабах. Например, контуры будущего водохранилища не определялись и не закреплялись столбиками на местности из-за незнания линии будущего уреза воды, в связи с чем часть деревень была вынесена в зону форсированного подпорного уровня. Естественно, что при заполнении водохранилища дома оказались в зоне затопления и должны были вновь переноситься на более высокие отметки. Технико-экономические обследования здесь также не проводились, в то время как на водохранилищах Насер (АРЕ, Судан), Вольта (Гана) они проводились, хотя и с некоторым опозданием. Сам процесс переселения рассматривался в Египте, Судане и Гане как хорошая возможность для переустройства экономической и социальной структуры общества. В Замбии (в 1964 г. получившей независимость) политика переселения жителей сводилась к тому, чтобы не ухудшить жизнь переселяемого населения. Расистское правительство Южной Родезии не рассматривало водохранилище как самостоятельный хозяйственный объект, и все затраты по его подготовке, а также и по переселению были сведены к минимуму. Население, проживавшее в нижнем бьефе водохранилища Кариба, даже не было предупреждено о том, что после 4-летнего периода наполнения водохранилища пропуск первого паводка вновь затопит пойменные участки р. Замбези, на которой местное население успело развести сады.

При создании водохранилища Насер в соответствии с данными обследования была выплачена компенсация переселяемому населению в размере от 40 до 1500 египетских фунтов на одну семью, кроме того, жителям предоставлялись новые дома в районе вселения. Взамен затопляемых земель населению выделялись участки в районах нового орошения.

В зоне переселения из района водохранилища Вольта компенсация выдавалась не за землю, а за урожай. Расчистка и подготовка новых земель проводились полностью за счет правительства. Взамен старых домов предоставлялись новые или выплачивалась соответствующая компенсация. Предварительно проводились различные обследования и велись переговоры и консультации с населением по поводу выбора мест вселения. Наоборот, в Южной Родезии пожелания населения в отношении мест новой застройки не учитывались, в Замбии учитывались лишь частично. Кроме того, расчистка участков под новое строи-

тельство и само строительство домов проводились на водохранилище Кариба силами переселенцев. В Замбии на 30 тыс. человек, переселенных из зоны затопления водохранилища Кариба, была выделена сумма компенсаций размером 1 млн. ф. ст. В Южной Родезии племена тонга вообще не получали никакой компенсации ни за землю, ни за дома и были лишь освобождены от уплаты налогов в течение 2 лет.

Для того чтобы получить положительный эффект от создания водохранилищ, необходимо рассматривать каждое новое водохранилище как часть комплексной программы развития речного бассейна и осуществлять необходимые исследования. Почвенные и сельскохозяйственные исследования должны проводиться с целью выявления подходящих земель для переселяемого населения; биологи должны изучать множество проблем, связанных с затоплением, лесоочисткой, зарастанием создаваемых водоемов сорной растительностью, с развитием и внедрением новых методов рыболовства и т. д. Подобные исследования проводились на водохранилищах Вольта, частично Кариба и в несколько меньшей степени на других водохранилищах.

Кроме этих исследований проводятся и археологические раскопки, цель которых — выявить ценные памятники и сохранить предметы материальной культуры. Это представляет интерес не только для каждой отдельной страны, но и для всего человечества, поэтому ряд государств оказывает помощь африканским странам специалистами и денежными фондами. Археологические работы проводились по-разному. Так, расистское правительство Южной Родезии* почти не проявило заботы и не приняло никаких мер по спасению археологических памятников в зоне затопления водохранилища Кариба. Детальные полевые работы были проведены по инициативе и силами Ливингстонского музея. Отметим, что в условиях Тропической Африки эти исследования проводить очень трудно, поскольку исследуемые территории покрыты густой лесной растительностью и многие маршруты приходится выполнять пешком или на лодках, что не может дать полного представления о местности. Демократическое правительство Ганы выделило крупную сумму на проведение таких работ в зоне затопления водохранилища Вольта, и археологические раскопки были осуществлены в 331 пункте. Однако раскопки всех археологических памятников в сжатые сроки оказались невозможными. Начинать такие работы надо заблаговременно, так же как и проводить исследования в нижних бьефах гидроузлов.

Комплексное использование водохранилищ затруднено и из-за недостаточных масштабов лесосводки и лесоочистки, проводимых в период их подготовки.

Важная часть подготовки некоторых крупных водохранилищ в малоосвоенных районах Африки — мероприятия по спасению и охране диких животных. Как правило, эти мероприятия, не предусматриваемые проектами, осуществляются по инициативе отдельных энтузиастов, получающих содействие Международного общества охраны природы. При подготовке водохранилища Кариба была проведена эвакуация диких животных под названием операция «Ной». После заполнения водохранилищ охота на диких животных и лов рыбы обычно ограничиваются. Например, на водохранилище Кариба был объявлен запрет на охоту в течение пяти лет.

Для преодоления многих трудностей и недостатков, имевших место в прошлом при подготовке водохранилищ, во многих африканских странах в настоящее время заметна тенденция к комплексному развитию речных долин под руководством одного управления, например Volta River Authority, Orange River Development Scheme, Egypt-Sudan Nile Water Agreement и др.

* В 1980 г. народ Южной Родезии получил независимость. Создано новое африканское государство — Республика Зимбабве.

ВОДОХРАНИЛИЩА СЕВЕРНОЙ АМЕРИКИ

На большей части Северо-Американского континента расположены два крупнейших по территории и населению капиталистических государства — Соединенные Штаты Америки и Канада, которые наряду с СССР относятся к странам, имеющим наибольшее число водохранилищ (рис. 169).

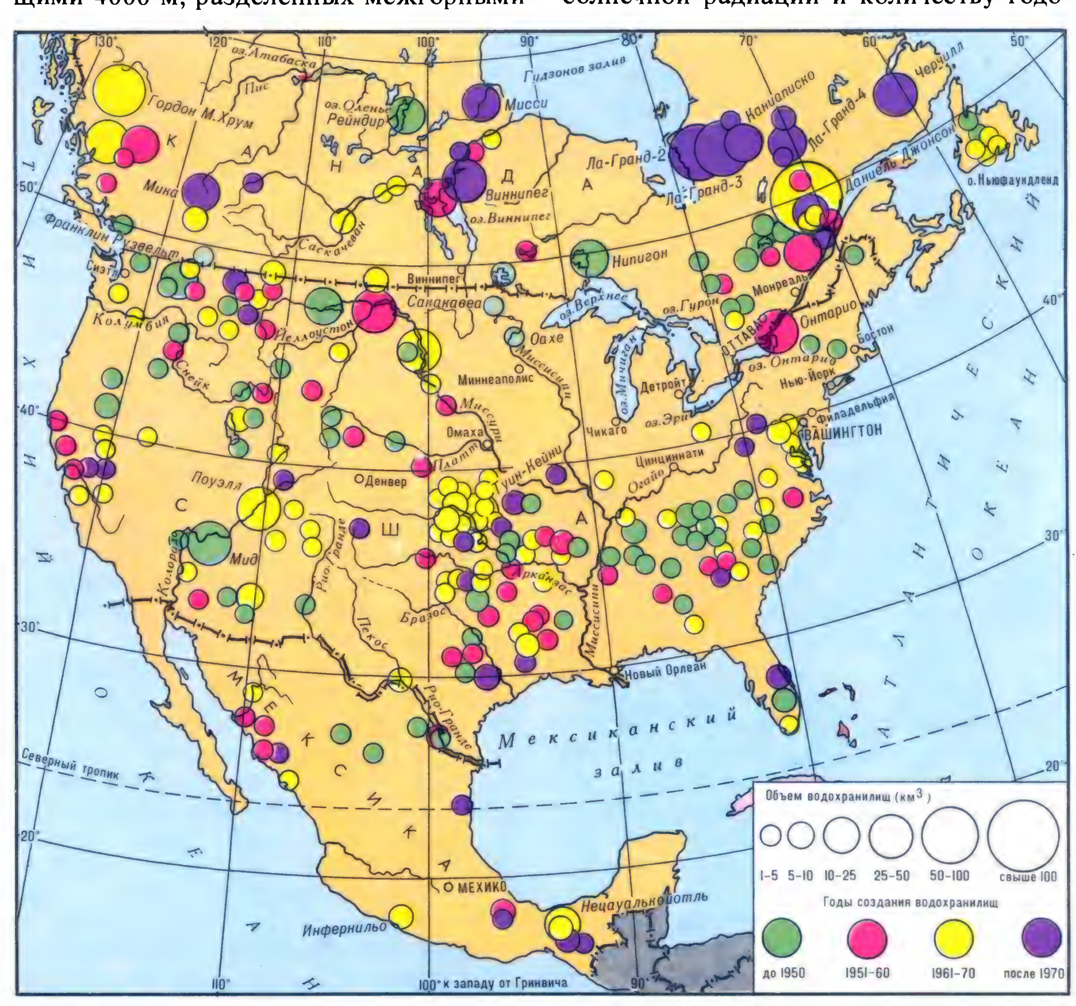
А. ВОДОХРАНИЛИЩА США

I. ПРИРОДНО-ХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ И ФОНД ВОДОХРАНИЛИЩ

Природные условия США очень разнообразны. Западную часть страны занимает горная система Кордильер шириной до 1700 км, которая состоит из горных хребтов с вершинами, превышающими 4000 м, разделенных межгорными плато и котловинами. На востоке находится древняя горная система Аппалачей средней высотой 500—600 м, с отдельными вершинами, достигающими 200 м, и сравнительно узкая (200—300 км) Приатлантическая низменность.

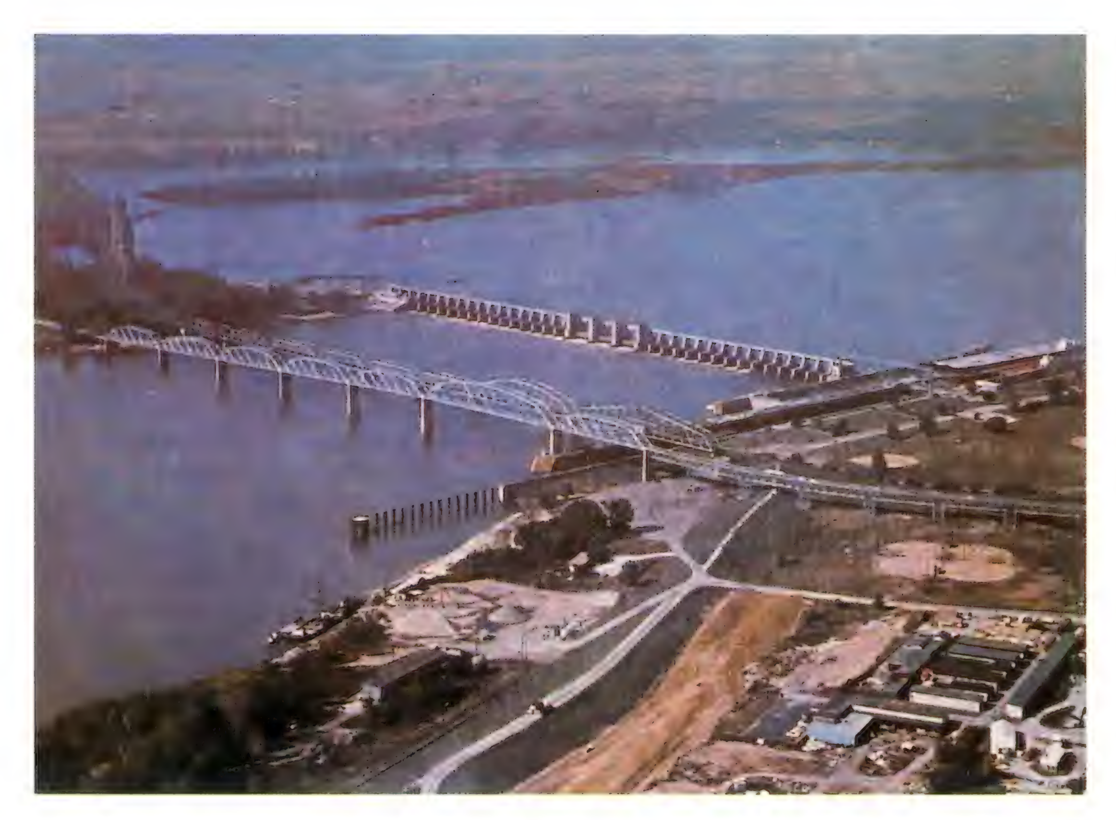
Между Скалистыми горами на западе и Аппалачами на востоке расположены Центральные равнины — слабо наклоненная к югу гигантская ложбина, по дну которой проходит русло одной из великих рек мира — Миссисипи, ее бассейн занимает 40% территории США.

Большая часть страны размещена в умеренном и субтропическом климатических поясах, лишь Аляска расположена в субарктическом, а юг Флориды — в тропическом поясе. Отдельные районы страны сильно различаются по величине солнечной радиации и количеству годо-



169. Схема размещения водохранилищ с полным объемом более 1 куб. км в Северной Америке

170. Гидроузел и водохранилище комплексного назначения на равнинной реке (США)



вых осадков, изменяющихся от 100 мм и менее на внутренних плато и плоскогорьях до 4000 мм на западных склонах Кордильер. По условиям увлажненности территории США могут быть разделены по 100-му меридиану западной долготы на две части: к востоку от этой условной границы характерно избыточное, к западу — недостаточное и резко недостаточное увлажнение.

В США имеется много рек, особенно в восточной части страны. Крупные реки: Миссисипи и ее притоки — Миссури, Теннесси и Огайо; Колумбия и Колорадо, протекающие в западной части страны, и пограничная с Мексикой р. Рио-Гранде.

В связи с неравномерностью распределения осадков и испаряемости, различиями рельефа, фильтрационных свойств почвогрунтов речной сток изменяется в больших пределах как по территории, так и во времени: от 20 мм на внутренних плато и плоскогорьях до 600 мм в районе Аппалачей.

Среднемноголетний объем речного стока континентальной части США (без Аляски и Гавайских островов) оценивается, по разным данным, величиной 1550—1700 куб. км. Устойчивый речной сток 95%-ной обеспеченности составляет около 930 куб. км, меньше этой величины сток может быть лишь один раз в 20 лет. Обильные водные ресурсы Аляски используются в небольшой степени, так как там проживает только 0,8% населения страны. США располагают большими запасами подземных вод, особенно в восточных штатах. Реки США в зависимости от преобладающих источников питания относятся к четырем типам: дождевому, снеговому, ледниковому и грунтовому. Внутригодовое распределение стока большинства рек США неравномерное, особенно р. Миссисипи и ее притоков. На территории ее бассейна во время весеннего половодья бывают катастрофические наводнения. Именно борьба с наводнениями (Beaumont, 1983) стала наиболее важной хозяйственной предпосылкой и стимулом развития крупномасштабных работ по созданию водохранилищ. В результате зарегулирования стока ущерб от наводнения в долине Теннесси за период 1936—1968 гг.

был уменьшен на 369 млн. долл., кроме того, дополнительно был получен доход в сумме 150 млн. долл. от использования земель в долинах Нижнего Огайо и Миссисипи, защищенных от наводнений (TVA Annual Report..., 1968).

Поскольку почти половина территории страны — степи и полупустыни, развитие высокоинтенсивного сельского хозяйства невозможно без развития ирригации и создания большого числа ирригационных водохранилищ, особенно на Юге и Западе США (рис. 170). За 20 лет (с 1950 по 1970 г.) площади орошаемых земель увеличились вдвое, в последнее время в стране орошается не менее 15 млн. га земель, а по прогнозам, к 2000 г. их площадь достигнет 22—25 млн. га, или 75—80% земель, пригодных для рентабельного орошения.

Реки США обладают большими запасами гидроэнергетических ресурсов, экономический потенциал их оценивается в 700 млрд. кВт· ч (Эрлихман, 1983), это третий показатель в мире после СССР и Китая. Поэтому создание гидроэнергоузлов с регулирующими водохранилищами получило в США значительное развитие, и в настоящее время освоена почти половина экономического потенциала гидроэнергоресурсов. Хотя доля гидроэнергетики в общем производстве электроэнергии снизилась за 20 лет (1957—1977 гг.) с 20 до 13% за счет ввода большого числа тепловых станций, роль ее по-прежнему важна для покрытия пиковых нагрузок энергосистем. Именно из-за отсутствия резервных пиковых мощностей 9—10 ноября 1965 г. местная авария привела в течение 20—30 минут к «развалу» всей энергосистемы Северо-Востока США. Американские газеты называли эту аварию «крупнейшей энергетической катастрофой». На много часов замерла жизнь на $^1/_4$ территории страны. Погасло освещение, остановились электропоезда, метро и лифты с людьми, прекратилась подача энергии в больницы, школы, дома. Экономические последствия были оценены в несколько миллиардов долларов прямых убытков.

Существенной предпосылкой необходимости регулирования стока в США оказался и быстрый рост потребления воды в промышленности и коммунальном хозяйстве, а также «взрыв» рекреационных потребностей населения страны. Все большее число американцев предпочитают деятельный, связанный со спортом и туризмом отдых на лоне природы. Отдых и спорт на воде, особенно любительское рыболовство, очень популярны и заметно опережают все другие виды рекреационных занятий. Поэтому в США раньше и в бóльших масштабах, чем в других странах, начался процесс создания специальных рекреационных водохранилищ и в целом процесс регулирования стока, создания плотин и водохранилищ, чему в немалой степени способствовали как благоприятные природные, так и исторические факторы, заключавшиеся прежде всего в развитии экономики, не осложняемой, как в Европе, двумя разрушительными мировыми войнами. По суммарному полному объему водохранилища США занимают второе после СССР место в мире, а по числу водохранилищ объемом более 100 млн. куб. м — первое место.

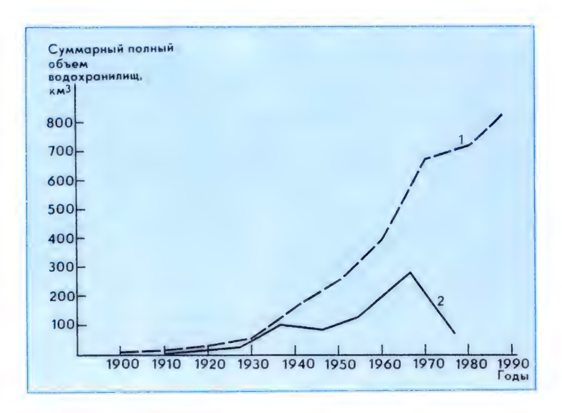
Еще в 1825 г. в штате Виргиния была построена «большая» плотина (высотой более 15 м), образовавшая водохранилище Драммонд объемом 27 млн. куб. м, предназначенное для водоснабжения. За последующие 150 лет наблюдалось несколько «пиков» и «спадов» в создании водохранилищ (это хорошо видно на табл. XI-1). «Золотой век» плотиностроения наступил в 60-х годах, — в 1967 г. зарегистрировано рекордное число водохранилищ — 230, затем идет постепенный спад количества плотин, и к началу 80-х годов темпы их создания снизились до уровня 50-х годов. Создание водохранилищ шло с северо-востока, затем перешло на юг и только потом в аридные западные штаты.

По данным World Register of Dams (1976), в США имеется 5609 плотин высотой более 15 м, т. е. не менее 5,5 тыс. водохранилищ.

По последним данным (The nation's Water resources..., 1980), имеется около 1,9 млн. искусственных водоемов, из которых 99% — пруды и бассейны емкостью менее 5 тыс. куб. м. Согласно этим же данным, суммарный полный объем водохранилищ оценивается в

171. Динамика суммарного полного объема водохранилищ в США

1 — с нарастающим итогом, 2 — по десятилетиям



850 куб. км, полезный — 556 куб. км; около 300 куб. км, примерно 35% суммарного объема водохранилищ, составляют резервные противопаводковые емкости в связи с большим количеством водохранилищ, созданных для борьбы с наводнениями.

Наибольшее значение, как и в других странах, имеют водохранилища объемом более 100 млн. куб. м, их количество приближается к 700, а объем превысил 780 куб. км, что составляет соответственно 12% общего числа и 88% суммарного объема всех водохранилищ.

Число водохранилищ объемом более 1 куб. км — 170 (3% общего числа), их общий объем превышает 700 куб. км (82% суммарного объема). К категории крупных (объем 1—10 куб. км) относятся 164, очень крупных (объем 10—50 куб. км) — 6 водохранилищ. В США нет ни одного водохранилища, которое могло бы быть отнесено по объему или площади к категории крупнейших. Самое крупное по объему — водохранилище Мид (Гувер) емкостью 36,8 куб. км, созданное в 1936 г. на р. Колорадо.

В целом создание водохранилищ объемом более 100 млн. куб. м характеризуется следующими данными: до 1900 г. было 25 водохранилищ суммарным объемом 8,4 куб. км, в период 1901—1950 гг. — 274 объемом 244 куб. км, в период 1951—1985 гг. (с учетом строящихся) — 390 суммарным объемом 526 куб. км (рис. 171).

Суммарная площадь водохранилищ США достигла 60 тыс. кв. м, в том числе без озер в подпоре 40 тыс. кв. км. Не считая Великих озер и озер Аляски, на водохранилища приходится около 30% поверхности внутренних вод США. В стране имеется 112 водохранилищ площадью каждое более 100 кв. км, что составляет 70% всего водного зеркала водохранилищ. Самые крупные по площади — два водохранилища на р. Миссури: Гаррисон (1560 кв. км) и Óахе (1504 кв. км).

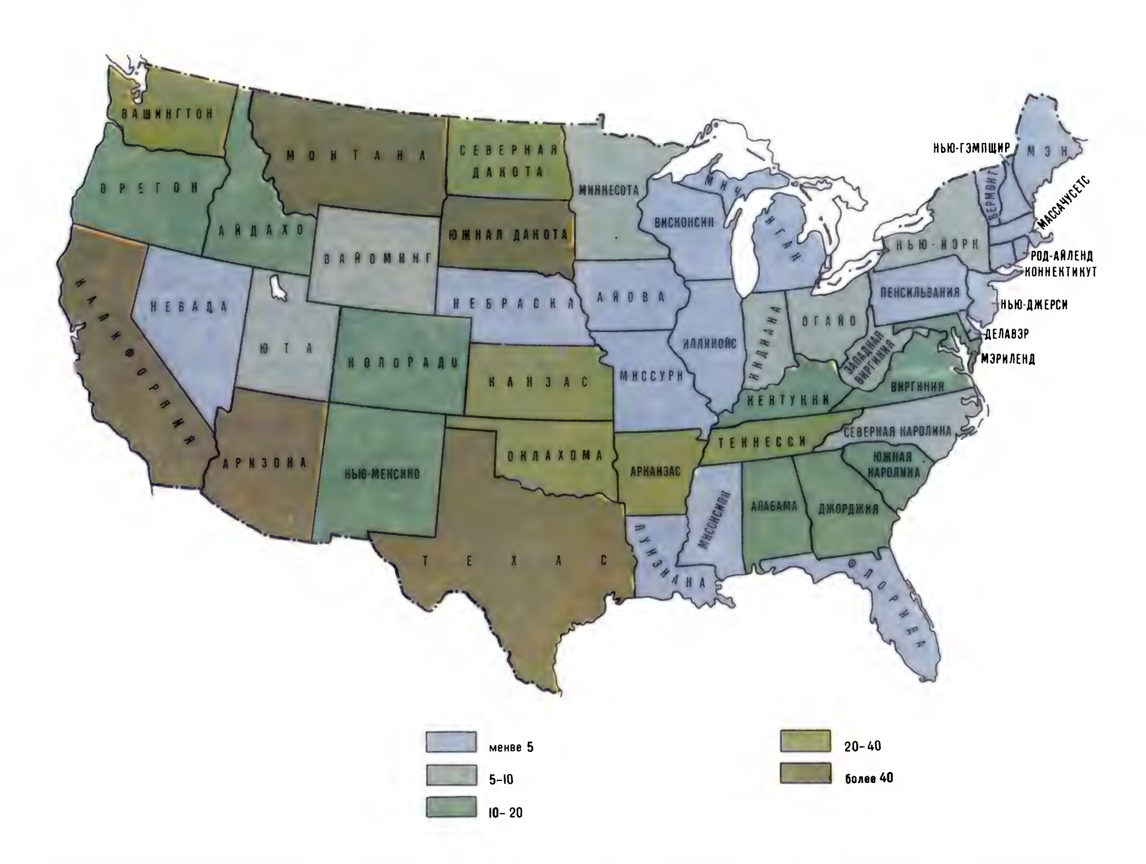
Распределение водохранилищ по при-

Таблица XI-1

Динамика создания водохранилищ различного целевого назначения в США (Beaumont, 1983)

Десятилетия	Ирригация		Гидроэнергетика		Борьба с наводнениями		Водный транспорт		Водоснабжение		Рекреация	
	число вдхр.	%	число вдхр.	%	число вдхр.	%	число вдхр.	%	число вдхр.	%	число вдхр.	%
1820—1829	0	0	0	0	0	0	1	50,0	1	50,0	0	0
1830—1839	0	0	0	0	0	0	1	25,0	2	50,0	1	25,0
1840—1849	0	0	2	50,0	0	0	0	0	2	50,0	0	0
1850—1859	1	11,1	4	44,4	0	0	0	0	4	44,4	0	0
1860—1869	2	18,2	3	27,3	1	9,1	1	9,1	4	36,4	0	0
1870—1879	4	11,4	11	31,4	3	8,5	3	8,5	14	40,0	0	0
1880—1889	10	15,8	12	19,0	8	12,5	7	11,1	19	30,2	7	11,1
1890—1899	18	24,3	6	8,1	2	2,7	2	2,7	44	59,5	2	2,7
1900—1909	82	32,3	76	29,8	7	2,7	3	1,2	79	31,0	8	3,1
1910—1919	125	31,3	138	34,6	11	2,8	11	2,8	88	22,1	26	6,5
1920—1929	131	25,0	177	34,0	27	5,2	2	0,4	159	30,5	26	5,6
1930—1939	144	24,8	124	21,3	57	9,8	22	3,8	172	29,6	62	10,7
1940—1949	121	20,2	109	18,2	115	19,2	26	4,3	142	23,7	86	14,4
1950—1959	208	15,9	160	12,3	483	37,0	21	1,6	260	19,9	173	13,3
1960—1969	202	7,9	152	6,0	1383	54,2	53	2,1	321	12,6	442	17,3
1970—1979	100	8,8	39	3,4	526	46,2	21	1,8	180	15,8	273	24,0

172. Распределение суммарного полного объема (куб. км) водохранилищ США по штатам



родно-климатическим зонам равномерное, в умеренной и субтропической зонах создано примерно равное количество водохранилищ. Большие различия наблюдаются в распределении водохранилищ по штатам (рис. 172).

Больше всего водохранилищ в Техасе (823), Калифорнии (654), Оклахоме (401), Пенсильвании (304), Колорадо (247). Наименьшее их число — в штатах Делавэр, Миссури, Род-Айленд, в каждом из них не более 10 водохранилищ. В большинстве штатов средний объем водохранилищ невелик. Лишь в штатах Теннесси, Колорадо, Кентукки, Южная Каролина и Джорджия водохранилища существенно влияют на речные системы. В трех штатах (Монтана, Северная и Южная Дакота) суммарный объем водохранилищ — 140 куб. км, так как здесь созданы крупнейшие водохранилища США. Например, в штате Монтана 32% суммарного объема всех водохранилищ приходится на водохранилища Форт-Пек (24 куб. км) на р. Миссури; в Северной Дакоте на водохранилище Гаррисон (30,5 куб. км), также созданное на р. Миссури, приходится почти 96% суммарного объема, а в Южной Дакоте почти 72% приходится на водохранилище Оахе (29 куб. км). В штате Аризона водохранилища Мид (Гувер) и Глен-Каньон (Поуэл) составляют 76,5% всего объема водохранилищ штата.

Представляет интерес распределение водохранилищ по основным регионам США. По количеству и объему водохранилищ выделяется Запад США, затем Юг и Север, что соответствует распределению осадков и стока по территории, а также географии промышленности и хозяйства.

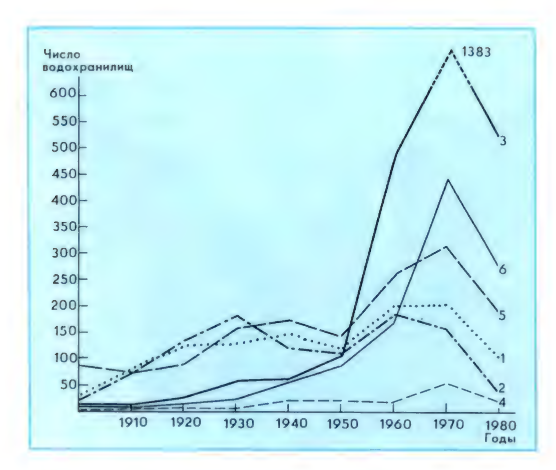
Преобладают долинные водохранилища, составляющие 90% от общего числа; озер-водохранилищ в США немного.

2. ХОЗЯЙСТВЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДОХРАНИЛИЩ

Почти 70% водохранилищ — это водоемы одноцелевого использования, 16% водохранилищ — двухцелевого, 5% —

173. Динамика создания водохранилищ различного целевого назначения в США

1 — ирригация,
2 — гидроэнергетика,
3 — борьба с наводнениями,
4 — водный транспорт,
5 — водоснабжение,
6 — рекреация



трехцелевого и только 1,3% — четырехцелевого назначения. Таким образом, не более $^{1}/_{3}$ водохранилищ используется комплексно. И этот факт нельзя объяснять только тем (как это иногда делают американские исследователи), что преобладают противопаводковые водохранилища, но следует принимать во внимание и то, что режим использования многих водохранилищ в США определяется прямо или косвенно соответствующими монополиями или крупными компаниями, заинтересованными прежде всего в получении максимальных прибылей, что, как правило, в условиях капиталистического производства не всегда тождественно максимальной общественной, хозяйственной и социальной пользе.

Распределение водохранилищ США по видам использования охарактеризовано в табл. XI-2, а динамика создания водохранилищ различного целевого назначения — в табл. XI-1 и на рис. 173.

Из данных таблиц XI-1 и XI-2 видно, что в настоящее время преобладающий вид использования водохранилищ США — борьба с наводнениями, затем водоснабжение, гидроэнергетика и ирригация, хотя по разным десятилетиям «лидерство» отдельных видов использования неоднократно менялось (рис. 173). Охарактеризуем более подробно отраслевое значение водохранилищ.

Борьба с наводнениями вплоть до настоящего времени — серьезная проблема для ряда регионов США. Особенно остро она ощущается в долинах крупных притоков Миссисипи: Миссури, Теннесси, Арканзас и др. История создания водохранилищ для борьбы с наводнениями ярко отражает сложности и противоречия капиталистического производства, возникающие при попытках

Таблица XI-2

Распределение водохранилищ США по целевому назначению

Виды использования	*Число вдхр.*	*Сочетание 2-х видов использования*	*Число вдхр.*	*Сочетание 3-х видов использования*	*Число вдхр.*	*Сочетание 4-х видов использования*	*Число вдхр.*
Борьба с наводнениями	1 620	Борьба с наводнениями и рекреация	273	Борьба с наводнениями, водоснабжение и рекреация	97	Гидроэнергетика, борьба с наводнениями, ирригация, рекреация	20
Водоснабжение	818						
Гидроэнергетика	566	Ирригация и водоснабжение	149	Гидроэнергетика, борьба с наводнениями и рекреация	32	Гидроэнергетика, борьба с наводнениями, водоснабжение, рекреация	11
Ирригация	538						
Рекреация	322						
Водный транспорт	34	Борьба с наводнениями и водоснабжение	108	Ирригация, гидроэнергетика и борьба с наводнениями	25	Другие сочетания	43
		Ирригация и гидроэнергетика	87	Ирригация, борьба с наводнениями и рекреация	25		
		Другие сочетания	298	Другие сочетания	109		
Всего	3 898		915		288		74

государственного решения этой проблемы. До 1879 г. конгресс США противился финансированию мероприятий по борьбе с наводнениями. Позже эта функция была возложена в основном на «Комиссию по регулированию р. Миссисипи». До 1895 г. Комиссия борьбу с наводнениями осуществляла лишь в связи с улучшением судоходных условий, и только после 1895 г. Комиссия начинает в целях борьбы с наводнениями строить береговые дамбы, но отказывается строить плотины.

В 1926 г. Комиссия официально признала, что нижний участок р. Миссисипи полностью защищен от наводнений. Однако в 1927 г. вновь возникла необходимость создания водохранилищ для борьбы с наводнениями, поскольку в результате небывалого наводнения были не только затоплены все защитные дамбы на р. Миссисипи, но многие из них разрушены. Огромные убытки в бассейне р. Миссисипи причинило наводнение 1935 г. Весеннее наводнение 1936 г. на притоке Миссисипи р. Огайо вынудило наконец конгресс принять закон о борьбе с наводнениями на всех судоходных реках. В 1943—1944 гг. американские газеты снова сообщали об огромных убытках, причиненных наводнениями в бассейне р. Миссисипи. При особенно сильных наводнениях затоплялась территория от устья р. Огайо до Мексиканского залива в полосе шириной более 60 миль (свыше 100 км).

Основной причиной столь «небыстрого» (в течение 125 лет) законодательного «прогресса» области регулирования стока бассейна р. Миссисипи было противодействие железнодорожных компаний, для которых регулирование стока и развитие водного транспорта означали появление нового конкурента. Это один из примеров решения общенациональных комплексных проблем в США, когда отдельные монополии или группы компаний тормозят реализацию проектов, если они хотя бы частично ограничивают их деятельность и уменьшают сверхприбыли. Только после 1940 г. создание водохранилищ противопаводкового назначения приобрело масштабы, адекватные размерам бедствий, причиняемых наводнениями населению и хозяйству США; в 40-х годах было создано 115 (19% общего числа введенных в это десятилетие водохранилищ), в 50-х — 483 (37%) водохранилища. Пик создания водохранилищ для борьбы с наводнениями приходится на 60-е годы, когда было создано 1383 водохранилища, или 54% общего числа введенных в это десятилетие, в 70-х годах этот темп существенно снизился, хотя доля противопаводковых водохранилищ сохраняется попрежнему высокой — 46% (рис. 173).

В настоящее время примерно треть в суммарном полном объеме водохранилищ США составляют резервные противопаводковые емкости, которые используются для срезки паводковых расходов.

Эффективность созданных в США противопаводковых водохранилищ очень высока. Приведем в этой связи данные Оуэна (1977 г.) о том, что наводнение на р. Огайо в 1964 г. причинило бы дополнительный ущерб в 290 млн. долл., если бы не существовала система из 30 противопаводковых водохранилищ и 62 защитных дамб, благодаря им пик паводка был снижен на 3,15 м. В 1965 г. в округе Лос-Анджелес, неоднократно страдавшем от бурных дождевых паводков, был создан комплекс регулирующих сооружений стоимостью 600 млн. долл, в его составе — 60 водохранилищ в верховьях горных рек.

Благодаря водохранилищам в США защищаются от наводнений десятки миллионов гектаров территорий с населенными пунктами, промышленными зонами и сельскохозяйственными угодьями. Средняя ежегодная эффективность противопаводковых водохранилищ оценивается для всей страны в 150—200 млн. долл. (Оуэн, 1977).

Водоснабжение в течение последних 100 лет — одна из основных целевых функций водохранилищ США. Начиная с 1820 г. с каждым новым десятилетием число водохранилищ, предназначенных для водоснабжения, постоянно увеличивалось и достигло своего максимума — 321 в 60-х годах.

К настоящему времени общее число водохранилищ для водоснабжения или в сочетании с другими видами использования достигло полутора тысяч. Из этого числа $^2/_3$ водохранилищ предназначены для промышленного и $^1/_3$ для

хозяйственно-бытового водоснабжения. Питьевое водоснабжение из водохранилищ не получило в США широкого развития по ряду причин, одна из которых — высокий уровень загрязненности поверхностных вод, особенно токсическими веществами искусственного происхождения.

Однако в ряде штатов, в том числе таких, как Нью-Йорк, Нью-Джерси и Делавэр, водохранилища используются для питьевого водоснабжения. Водообеспечение свыше 13% населения страны (22 млн. человек), проживающего в этих штатах, зависит от вод, собираемых р. Делавэр и ее притоками с территории в 25,5 тыс. кв. км.

Водообеспечение населения Нью-Йорка с его 10-миллионным населением осуществляется системой специальных водохранилищ общим объемом 2,2 куб. км. Продолжительная засуха, охватившая северо-восточные штаты (1961—1965 гг.), привела к острой нехватке воды. Особенно тяжелое положение сложилось в Нью-Йорке, когда даже в результате жесткой экономии воды к августу 1965 г. объем водоснабженческих водохранилищ уменьшился до 30% их полной емкости и воды в них осталось не более чем на несколько месяцев. Не будь этой системы водохранилищ, крупнейший город мира на долгое время был бы лишен воды. На примере этой катастрофической засухи как специалистам, так и миллионам американцев стало ясно, что рациональное использование и охрана водных ресурсов — общенациональная проблема, решение которой насущно необходимо, несмотря на многомиллиардные затраты. В будущем масштабы использования водохранилищ для водоснабжения, особенно промышленного из-за истощения эксплуатационных запасов подземных вод, будут возрастать.

Электроэнергетика развивалась быстрыми темпами, и, хотя ее основу (85%) составляют тепловые электростанции, роль ГЭС и ГАЭС для регулирования пиковых нагрузок очень существенна, а в ряде штатов (Теннесси, Колорадо) значение гидроэлектростанций весьма велико в выработке электроэнергии. Создание гидроэнергоузлов с регулирующими водохранилищами получило особенно большое развитие в период 1910—1930 и 1950—1970 гг., к настоящему времени освоена почти половина экономического гидроэнергопотенциала американских рек, гидростанциями вырабатывается 320 млрд. кВт·ч электроэнергии, к 2000 г. предполагается освоение 70% экономического потенциала (Эрлихман, 1983).

Считается, что наиболее эффективные ресурсы «крупной гидроэнергетики» уже использованы. К концу 70-х годов из 100 крупнейших ГЭС мира мощностью более 1 млн. кВт 25 гидростанций построено в США.

История гидроэнергостроительства в стране не лишена сложностей. Из-за противодействия энергетических компаний, создающих и эксплуатирующих тепловые электростанции, вопрос об использовании гидроэнергетических ресурсов р. Миссисипи вплоть до 1940 г. не только не решался, но даже по-настоящему не ставился. Гидроэнергостроительство развернулось лишь после создания таких государственных организаций, как Бюро мелиорации, Управление долины р. Теннесси. Большую роль сыграл также Корпус военных инженеров.

В настоящее время не менее 1 тыс. водохранилищ используются в гидроэнергетических целях. Суммарная установленная мощность ГЭС превышает 50 млн. кВт, самая мощная из них — ГЭС Франклин Рузвельт (Гранд-Кули) на р. Колумбия мощностью 2 млн. кВт.

Большое развитие получило создание каскадов водохранилищ гидроэнергетического назначения. Наиболее значительные из них созданы на реках Теннесси (17 водохранилищ), Колумбия (10), Колорадо (12) и Снейк (6) (рис. 174).

В ряде стран мира, в том числе и в США, где наиболее эффективные ресурсы крупной гидроэнергетики уже использованы, намечается тенденция к строительству малых ГЭС на средних и небольших реках. Так, опубликованные (World Dams..., 1977) расчеты перспектив «малой гидроэнергетики» США свидетельствуют о возможности удвоения действующей мощности ГЭС путем ввода в ближайшие 20—30 лет около 50—60 млн. кВт новой мощности на малых ГЭС. Это означает, что будет создано

174. Водохранилище гидроэнергетического назначения в каньоне р. Колорадо (США)



много небольших (10—100 млн. куб. м) водохранилищ гидроэнергетического назначения прежде всего в горных западных штатах, а также в районе Аппалачей. Ввод в эксплуатацию крупных водохранилищ имеет реальные перспективы в основном лишь для штата Аляска.

Ирригация в США достигла высокого развития, она — основа высокоинтенсизного хозяйства в штатах. расположенных к западу от 100-го меридиана, где большая часть территории получает менее 500 мм осадков в год. В настоящее время в США орошается около 10% пахотных земель. Хотя на 17 западных штатов приходится только $^{1}/_{5}$ часть населения страны, они используют более 50% воды, потребляемой в США, причем 90% этого объема расходуется на орошение. Около 60% всех орошаемых земель сосредоточено в Калифорнии, Техасе, Колорадо и Айдахо — четырех штатах, занимающих ведущее положение в США по развитию орошения. В этих же штатах создано наибольшее число водохранилищ — свыше 30% общего их числа в США. Почти половина их была создана специально для целей ирригации.

Хотя территория США к востоку от Миссисипи обеспечена достаточным количеством осадков и объем воды, необходимой сельскохозяйственным культурам, более чем на 60% поставляется почвенными водами, дополнительное орошение овощных культур, табака и пастбищ применяется все более широко. В 31-м восточном штате площадь орошаемых земель увеличилась за период 1940—1980 гг. более чем в 10 раз, достигнув почти 2 млн. га.

Создание широкой сети ирригационных водохранилищ (свыше 1100, т. е. 20% общего их числа) обеспечивает устойчивое орошение не менее чем на 6—7 млн. га. По ориентировочным оценкам, примерно $^{1}/_{3}$ суммарного полезного объема (около 180 куб. км) водохранилищ США расходуется на орошение.

Рекреация. Поскольку суммарная длина береговой линии водохранилищ более чем в 3 раза превышает длину береговой линии океанов, омывающих США, создание тысяч водохранилищ в стране не могло не оказать свое влияние на развитие рекреации.

Начиная с 30-х годов нашего столетия интенсивность рекреационного использования водохранилищ непрерывно нарастает. В рекреационных целях используется каждое второе крупное и среднее водохранилище страны. В таблицах XI-1 и XI-2 к категории используемых для рекреации водохранилищ отнесены только те из них, на которых создана специальная рекреационная инфраструктура. Специально созданные в рекреационных целях водохранилища в основном небольшие — объемом от нескольких миллионов до десятков миллионов кубометров.

Свыше 10% имеющихся в США зон отдыха находятся на водохранилищах. По некоторым оценкам, интенсивность рекреационного использования водохранилищ США за последние 25 лет возросла в три раза и достигла в пиковые периоды по крайней мере 100 млн. посещений в год. В результате работ, проведенных Управлением долины Теннесси, Корпусом военных инженеров и Бюро мелиорации, общая площадь акватории водохранилищ, используемых в США для отдыха и спорта, достигла 30 тыс. кв. км. В береговой зоне рекреационных

175. Космический снимок одного из водохранилищ на р. Теннесси вблизи ее устья (США)



водохранилищ имеется более 5 тыс. специальных площадок, оборудованных для отдыха. Рекреационная инфраструктура на водохранилищах очень разнообразна и включает отели, кемпинги, кафе, рестораны и закусочные, системы транспорта, водоснабжения, канализации и водоотведения, различное оборудование для купания, гребного и парусного спорта, водно-моторного и воднолыжного спорта, рыболовства. Наиболее массовый вид отдыха на водохранилищах — рыболовство, почти каждый пятый американец увлекается рыболовством. За последние 25 лет рекреационная посещаемость водохранилищ долины Теннесси (рис. 175) одного из наиболее популярных районов отдыха, возросла почти в 10 раз.

Рекреационное использование водохранилищ приносит стране значительный доход, в ряде случаев не только сопоставимый, но и значительно превышающий доходы от других видов использования.

Водный транспорт как фактор создания водохранилищ имел второстепенное значение. Однако использование энергетических, противопаводковых и других водохранилищ для развития перевозок по внутренним водным путям, несомненно, сыграло большую роль, обеспечив круглогодичность навигации и увеличив судоходные глубины (рис. 176).

Рыбное хозяйство в США традиционно рассматривается как отрасль, несущая убытки в результате регулирования стока особенно по лососевым видам рыб, а также семги, шэда (вид сельди), и как участник или компонент водохозяйственного комплекса не учитывается в проектах гидроузлов и водохранилищ. Однако наряду с отрицательными последствиями для рыбного хозяйства создание водохранилищ имело и определенный положительный эффект, так как в результате появления обширных акваторий увеличились местные рыбные ресурсы, особенно карповые виды рыб. Промысловая рыбопродуктивность многих американских водохранилищ с учетом любительского лова достигает 30 кг/га. Рыбное хозяйство (коммерческий промысел) на водохранилищах не имеет большого значения, и объем уловов в 2—3 раза ниже, чем любительский вылов рыбы.

Наиболее важные промысловые объекты — форель, лосось, судак, несколько видов окуня, панцирная щука, которые для рыболовов-спортсменов (их в США около 40 млн.) представляют наибольший интерес.

На основании данных статистики посещения рыболовами-любителями водохранилищ США можно полагать, что в среднем за год на водохранилищах вылавливается не менее 1,5—2 млн. ц ценных видов рыбы.

Управление рыболовства и охоты имеет ряд рыбоводных заводов на реках Колумбия и Сакраменто, кроме того, отделы охраны природы многих штатов страны осуществляют разведение и выпуск молоди рыб в реки, озера и водохранилища. Эта деятельность, оплачиваемая в основном из средств самих рыболовов-любителей, бесспорно, повышает рыбохозяйственное значение водохранилищ, поскольку в них выпускается молодь таких ценных видов рыб, как чавыча, ушастый окунь, радужная форель, судак, сиг, щука и др.

Комплексное использование водохранилищ, т. е. соблюдение в процессе эксплуатации интересов двух и более участников или компонентов ВХК, хотя и получило определенное развитие, но его возможности реализуются далеко не полностью. Только третья часть водо-

176. Водохранилище Мохаве и образующая его плотина Дэвис (США)



хранилищ США эксплуатируется комплексно. В основном это крупные водохранилища. Повышению числа водохранилищ комплексного назначения способствовало принятие многих законодательных актов за последнее столетие, направленных на улучшение использования и охраны водных ресурсов. Однако выполнение комплексных мероприятий, разработанных федеральными агентствами, не всегда достигается полностью в результате политики частных компаний, интересы которых зачастую не совпадают с государственными и национальными интересами. Эти социально-хозяйственные парадоксы современной Америки не могут не находить своего отражения в области комплексного использования, охраны и исследований водохранилищ.

3. ВОДОХРАНИЛИЩА И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА

Хотя исследования, связанные с созданием водохранилищ получили большой размах, большинство из них носит узкоспециальный либо локальный характер. Поэтому общая комплексная оценка масштабов изменения окружающей среды в результате создания водохранилищ, несмотря на большой объем исследований, сопряжена с определенными трудностями.

Озерность территории, как уже отмечалось, увеличилась в целом на 30%. Во многих аридных западных штатах (Аризона, Юта, Калифорния) и семи штатах долины Теннесси увеличение озерности территории достигло 200—300 и более процентов. Поскольку значительное число крупных и средних водохранилищ США создавалось в горных и плоскогорных районах, влияние их на окружающую среду оказалось меньшим, чем предполагалось с учетом числа и объема искусственных водоемов (рис. 177).

Создание водохранилищ существенно повлияло на процессы речного стока. Полный объем водохранилищ составляет около половины объема среднемноголетнего стока. Полезный их объем позволяет регулировать $^1/_3$ часть стока. Это один из самых высоких показателей в мире. Водообмен в зарегулированных речных системах существенно замедлился, особенно в тех из них, где имеются многоступенчатые каскады водохранилищ (Колумбия — рис. 178, Миссури, Колорадо, Теннесси, Арканзас). Три четверти водохранилищ США объемом более 100 млн. куб. м осуществляют многолетнее и сезонное регулирование стока, причем $^2/_3$ из них имеют высокую долю полезного объема, превышающую 90% (табл. XI-3).

177. Аэрофотоснимок водохранилища Гэвинс-Пойнт (США)

178. Система водохранилищ в бассейне р. Колумбия (США и Канада)
Водохранилища:
1 — Мика, 2 — Либби, 3 — Дункан, 4 — Арроу, 5 — Хангри-Хорс, 6 — Керр (Флатхед), 7 — Раунд-Бют, 8 — Нотон-Рапидс, 9 — Кабинет-Гордж, 10 — Пенд-Орей, 11 — Баундари, 12 — Ванета, 13 — Гранд-Кули, 14 — Чиф-Джозеф, 15 — Шелан,



В таких водохранилищах осуществляется очень глубокая, «почти до дна» сработка водохранилищ и соответственно колебания уровня достигают большой амплитуды.

Значительная часть водохранилищ объемом более 1 куб. км регулирует в створе плотины около половины объема годового стока. Водохранилища Мид, Форт-Пек, Кентукки, Флеминг-Гордж, Тринити, Элефант-Бют, Рузвельт и др. полностью контролируют сток рек в створе гидроузлов. Все эти крупные водохранилища созданы в условиях горного и плоскогорного рельефа. В плотно же заселенных и хозяйственно освоенных равнинных районах США доля водохранилищ сезонного регулирования значительно ниже (менее 10%), а водохранилищ многолетнего регулирования совсем мало (менее 2—3%).

Большое внимание при исследовании водохранилищ уделяется проблеме водообмена, поскольку с ним тесно связаны процессы самоочищения и разбавления загрязнений, поступающих во всевозрастающем объеме в поверхностные воды. Естественно, что степень водообменности в разных водохранилищах (табл. XI-4) неодинакова.

Оценке потерь воды на испарение с поверхности водохранилищ также уделяется большое внимание, особенно в западных районах США, где слой испарения достигает 2000 мм за год. Общий объем потерь воды на испарение со всех водохранилищ оценивается в 25—30 куб. км. Замечено, что после создания крупного водохранилища Поуэлл на р. Колорадо испарение с акватории расположенного ниже водохранилища Мид уменьшилось с 2170 до 1910 мм, причиной этому было поступление из водохранилища Поуэлл более холодной воды.

Изменение ледового режима на зарегулированных реках и в их эстуариях — важный фактор, характерный для северных штатов США.

16 — Роки-Рич, 17 — Рок-Айленд, 18 — Уанапум, 19 — Прист-Рапидс, 20 — Овайхи, 21 — Броунли, 22 — Оксбоу, 23 — Хеллс-Каньон, 24 — Хай-Маунтин-Шип, 25 — Асотин, 26 — Дворжак, 27 — Палисад, 28 — Лоур-Гранит, 29 — Литл-Гуз, 30 — Лоуэр-Монументал, 31 — Айс-Харбор, 32 — Мак-Нэри, 33 — Джон-Дей, 34 — Те-Далс, 35 — Бонвил

Особенно большое развитие получили исследования, связанные с оценкой и прогнозом интенсивности заиления и занесения водохранилищ. Плотины и водохранилища — очень дорогие и капиталоемкие сооружения, поэтому сокращение срока их нормальной эксплуатации в результате заиления крайне нежелательно (рис. 179).

В США изучение процессов заиления проводилось в течение 20 лет на 1005 водохранилищах. Оно показало, что, чем крупнее водохранилище, тем медленнее оно заносится. В водохранилищах емкостью более 1 куб. км объем отложений за год составляет не более 0,5% его полезного объема, в водохранилищах емкостью 0,1—1 куб. км — сооответственно в среднем 1,1%. Объем откладывающихся наносов во всех водохранилищах оценивается величиной 4,2 куб. км, т. е. 0,8% их суммарного полезного объема (Man Made Lakes..., 1973).

Таблица XI-3

Отношение полезного объема водохранилищ к полному объему

Регионы	*Количество вдхр.*	*Объем вдхр., куб. км*		*Отношение полезного объема к полному, %*
		полный	*полезный*	
Тихоокеанский Северо-Запад	123	48,9	33,9	69
Северо-Восток	203	19,3	18,9	97
Юго-Запад (штаты Техас, Нью-Мексико, Юта)	139	48,9	45,7	93
США в целом	1 187	500,8	443,4	88,5

Таблица XI-4

Характеристика водообмена водохранилищ США

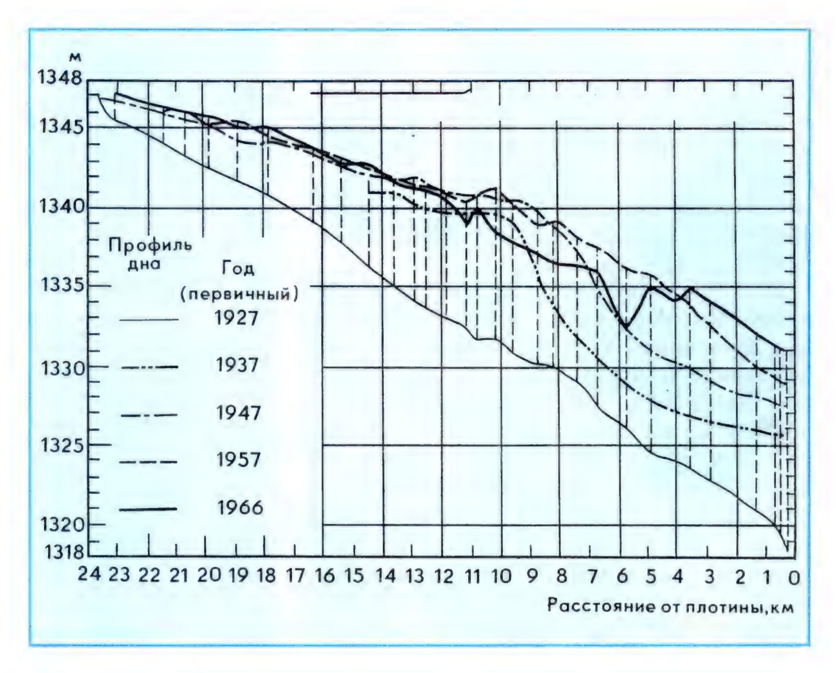
Степень водообменности	*Показатель водообменности в годах и долях года*	*Водохранилища*
Исключительно большая	меньше 0,10	Рузвельт, Лейк-Валата
Очень большая	0,10—0,24	Биг-Бенд
Большая	0,25—0,49	Форт-Рандол
Средняя	0,50—0,99	Ред-Лейк
Небольшая	1,0—1,99	Оахе, Поуэлл
Малая	более 2,0	Форт-Пек, Мид

Некоторые водохранилища, расположенные в аридной пустынной зоне на западе страны, заполнялись наносами за 10—15 лет, водохранилище Остин, например, потеряло за это время половину своей емкости. Для его замены было построено новое, но и оно полностью заилилось.

Высокие темпы заиления водохранилищ, наблюдавшиеся в период 1930—1960 гг., оказались в тесной связи с интенсивным развитием водной и ветровой эрозии почв на территориях сельскохозяйственно освоенных водосборов. Размеры эрозии приняли характер национального бедствия. В середине 30-х годов было создано федеральное агентство «Служба охраны почв», оно стало координировать действия, направленные на борьбу с этим опасным явлением в масштабе всей страны. К настоящему времени осуществлен большой объем (примерно 60% запланированного) мероприятий, во многих районах эрозия почв приостановлена, что уменьшило в последние 25 лет темпы занесения и заиления водохранилищ.

Исследования по изучению переформирования и переработки берегов не получили значительного развития. Это объясняется как меньшими масштабами переформирования берегов горных и плоскогорных водохранилищ, так и тем, что земли, попадающие в зону воздействия береговой переработки, отчуждаются заранее с выплатой соответствующей компенсации лицам, подлежащим переселению. Широко распространена и практика тщательной планировки береговых склонов при создании водохранилищ, подбор и посадка специальных видов растений для укрепления склонов.

Изменения микроклиматических характеристик в зоне влияния большинства водохранилищ сопоставимы с показателями, установленными для водохранилищ СССР, расположенных в аналогичных природных условиях. В нижних бьефах гидроузлов, созданных в северрых районах страны, характерно образование полыньи, повышение влажности воздуха и образование зимних туманов. В субтропических районах после образования водохранилищ микроклимат несколько изменился, стал более мягким, снизились экстремальные показатели



179. Динамика занесения и заиления водохранилища Гернси на р. Норт-Плейт (США)

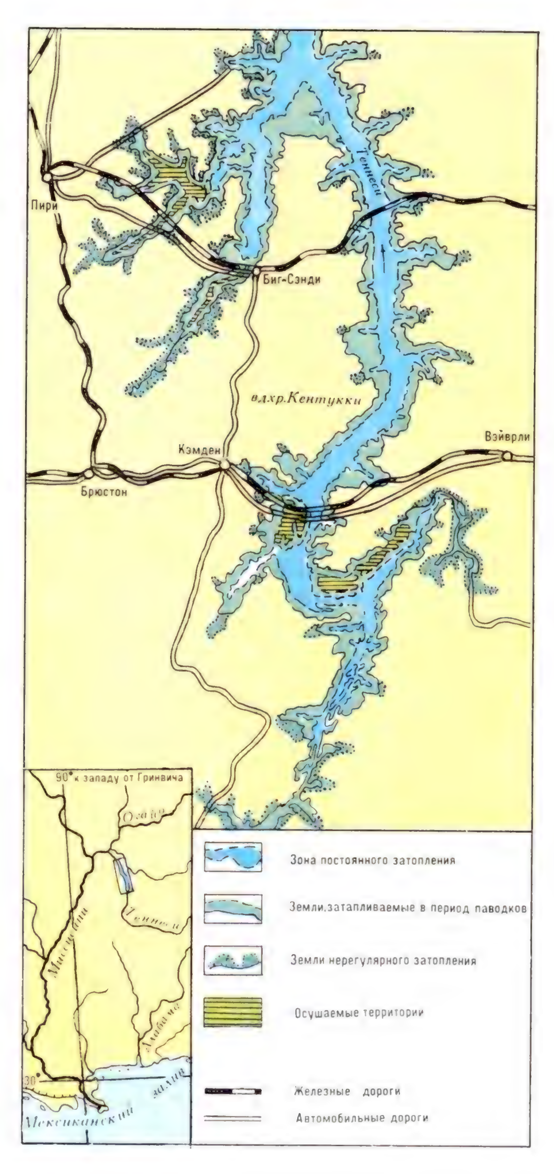
температуры воздуха и влажности. Крупные водохранилища способствовали формированию бризовых циркуляций в зоне до нескольких километров от уреза воды.

Результаты влияния водохранилищ США на уровень и режим грунтовых вод слабо освещены в научной литературе; по-видимому, это тоже в определенной степени косвенное следствие широко распространенной практики отчуждения земель при создании водохранилищ (рис. 180).

В последние десятилетия развернулись исследования по изучению экологических последствий создания водохранилищ. Они касались прежде всего водных и в меньшей степени наземных экосистем в зоне воздействия водохранилищ. Не всем компонентам исследователи уделяют достаточное внимание. Например, почти отсутствуют сведения о микробиологических характеристиках крупнейших водохранилищ США. В несколько большем объеме имеются данные по фитопланктону. В комплекс доминирующих видов водорослей входят в различных сочетаниях в разных водохранилищах диатомовые, синезеленые, вольвоксовые и хлорококковые. В связи с поступлением в поверхностные воды большого количества загрязнений, а с ними и биогенных элементов, прежде всего азота и фосфора, в 60% водохранилищ отмечается цветение воды, в основном в результате развития синезеленых водорослей. Например, в водохранилищах Канзаса биомасса синезеленых водорослей достигает 52 г/куб. м (Водохранилища мира, 1979).

При создании и эксплуатации водохранилищ в США возникла проблема избыточного развития водной растительности, которая обозначается даже специальным термином «водные сорняки». Одно из наиболее неприятных водных сорных растений — колосистая уруть, после 1960 г. сильно распространившаяся в водохранилищах системы р. Теннесси. Это создавало значительные помехи в работе водозаборных сооружений, а также в рекреационном использовании акватории. Наиболее эффективным способом борьбы оказалось «обезвоживание» растений в результате сработки водохранилища. В тех водохранилищах, где понижение уровня на нужную величину и в необходимые сроки было по каким-либо причинам невозможно, применялись гербициды, обработка ими производилась с вертолета.

В южных штатах значительные трудности при эксплуатации водохранилищ вызывает водный гиацинт. При постоянно проводимых механических и химических мерах борьбы удалось добиться



180. Зоны отчуждения земель и других объектов при создании водохранилища Кентукки (США)

освобождения значительных площадей не только от водного гиацинта, но и от другого сорного растения, так называемого аллигаторного сорняка.

Сведения, отражающие особенности формирования и динамики зоопланктона и зообентоса в водохранилищах США, также немногочисленны и разрозненны.

Наибольшее развитие в США получили исследования рыбных ресурсов водохранилищ. Уже отмечалось отрицательное влияние плотин на проходные, прежде всего лососевые, виды рыб. Установлено, что нанесли им существенный урон не только плотины, затруднившие миграции лососевых, но также и перелов, браконьерство, загрязнение вод. Лососевым и американскому шэду в реках Колумбия и Снейк большой ущерб наносит увеличение в воде концентраций азота при сбросе паводковых вод через гидроузлы (Оуэн, 1977). Было установлено, что, например, в 1970 г. вследствие азотного перенасыщения воды в нижнем течении р. Снейк погибло 90% лосося. Проведение технических мероприятий не оказалось эффективным и было предпринято скорее для того, чтобы успокоить общественность. Зато весьма эффективной оказалась другая мера, рассматриваемая вначале как временная. Был сокращен с 80 до 15 дней период холостого сброса воды через водосливную плотину и соответственно уменьшился с 2830 до 850 куб. м/с сбросный расход водослива, в результате чего снизилось насыщение воды азотом.

Промысловые запасы рыб в водохранилищах зависят от многих факторов: протяженности береговой линии, объема водной массы, глубины, качества воды и др. В Южной Каролине наблюдается довольно четкая зависимость изменения биомассы карпа (которая понижается) и сельдевых (увеличивается) в связи с увеличением возраста водохранилищ. Для многих водохранилищ США установлена зависимость уменьшения уловов с увеличением глубины водохранилищ.

В большинстве водохранилищ США хищные рыбы как объект промысла и спортивного лова представляют наибольший интерес. Численность хищников в искусственных водоемах велика, они обеспечивают продуктивность 25—30 кг/га, среди них форель, кумжа, окунь белый, черный и ушастый, щука, американский судак, сомик.

Создание водохранилищ увеличило рыбные ресурсы по сравнению с незарегулированной рекой. Например, в системе водохранилищ р. Теннесси популяция рыб увеличилась в 50 раз. С целью преодоления отрицательных последствий создания плотин для воспроизводства лососевых рыб сооружаются рыбоходы (в бассейне Колумбии на это затрачено 500 млн. долл.); осуществляется искусственное рыборазведение, пе-

ревозка молоди рыбы на самолетах, автомашинах и баржах.

В формировании экосистем водохранилищ США наблюдаются три характерные фазы развития — рост, максимум, стабилизация. Последняя стадия при неизменных внешних факторах может продолжаться неопределенно долго.

Что касается воздействия водохранилищ на наземные экосистемы, то оно очень многообразно по направленности, интенсивности и длительности. Миллионы особей водоплавающих птиц, водных и полуводных зверей нашли для своего развития благоприятные условия, в то же время для других миллионов особей птиц и животных ухудшились условия обитания и они были вынуждены покинуть привычные места.

При создании водохранилищ в долине р. Теннесси в целом экологические условия были улучшены. До создания водохранилищ треть населения, живущего около болотистых зон вдоль реки, страдала от малярии. При подготовке водохранилищ осуществлены специальные мероприятия, и с 1948 г. случаев заболевания малярией не наблюдалось. Наиболее эффективным средством оказалась сработка уровня воды на 0,3 м в восьми водохранилищах, расположенных выше водохранилища Кентукки. При этом личинки комаров в период массового выплода остались на берегу и там погибли.

В районах США, где естественные озера и болотистые области отсутствуют, заповедники и заказники часто создаются вокруг водохранилищ. Во многих отношениях водохранилища, управляемые человеком для организации охраны природы, даже благоприятнее естественных озер.

На улучшение экологического обоснования создания плотин и водохранилищ оказала заметное влияние экспертиза проектов. На заключительной стадии проект должен быть утвержден Корпусом военных инженеров и Агентством по охране окружающей среды. Особое внимание уделяется сохранению качества воды и предотвращению ее загрязнения.

Другим важным фактором оздоровления экологической обстановки послужила усилившаяся активность общественности, заботящейся о сохранении популяций животных, птиц и рыб, охране растительности и в целом живописных ландшафтов в районах создания водохранилищ. Известно много случаев отказа от сооружения гидроузлов или корректировки проектов с целью усиления защитных мероприятий. Один из примеров такого рода — приостановка в 1977—1979 гг. строительства плотины Феллико на р. Теннесси (несмотря на то, что было уже истрачено 130 млн. долл.) для того, чтобы изыскать средства сохранить популяцию небольшой (7,5 см) реликтовой рыбки.

Примером крайне неудачного решения экологических проблем можно считать водохранилище объемом 3 куб. км на р. Тринити в штате Калифорния. Его плотина перекрыла путь к половине нерестилищ. Существенно уменьшился вынос питательных веществ в приустьевую зону. Водохранилищем были затоплены территории плодородных земель и лесов. Резкие колебания уровня отрицательно сказались на флоре и фауне прибрежных районов.

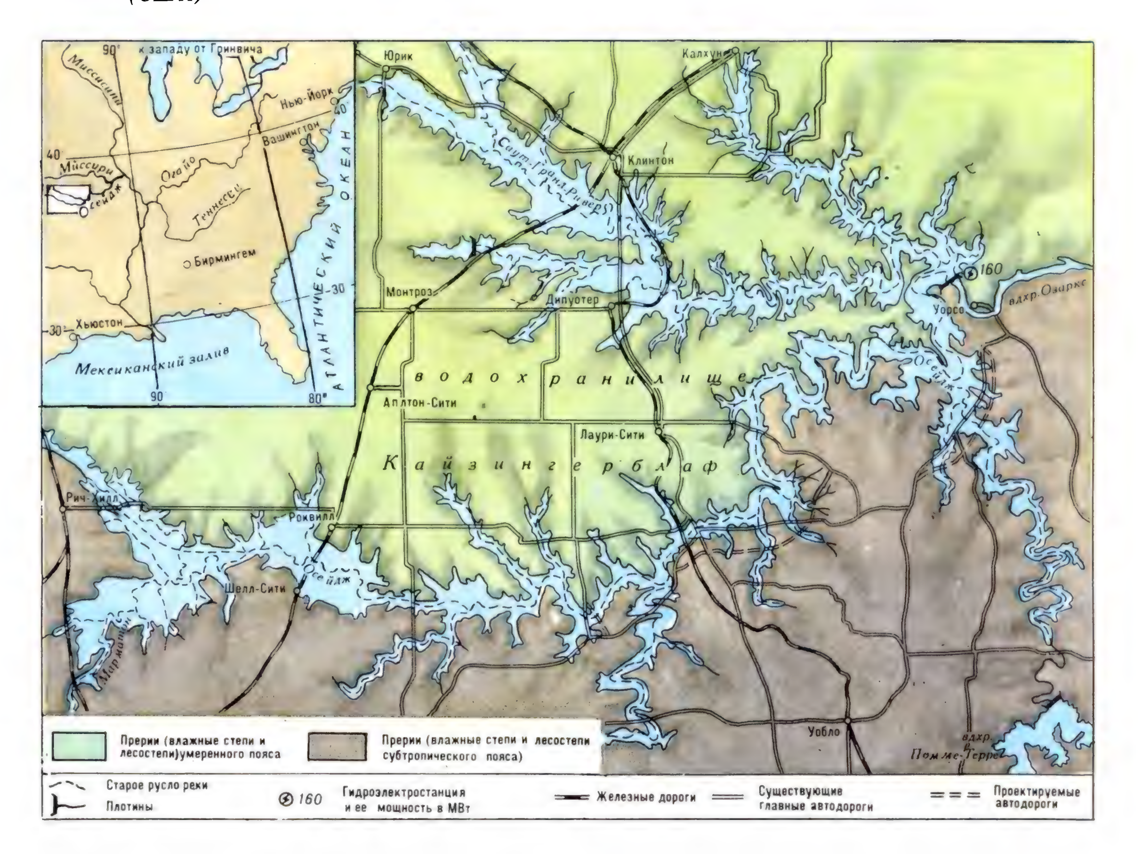
Качество воды в водохранилищах — одна из центральных проблем. Замечено, что воздействие внутриводоемных процессов в водохранилищах на изменение качества воды неизмеримо меньшее, чем воздействие загрязнений, поступающих с водосборной площади воды.

Для ряда американских водохранилищ, например Мид, Форт-Рандол, отмечается, что минерализация воды на 20—30 мг/л уменьшилась. В других водоемах улучшились по направлению к плотине такие показатели качества воды, как прозрачность, цветность, бактериальная загрязненность.

Большое развитие в США получили исследования кислородного режима. Снижение содержания кислорода наблюдается в большинстве глубоких водохранилищ США. Этот процесс, связанный со стратификацией, расценивается как форма загрязнения водохранилищ, снижающая их самоочистительную способность по сравнению с рекой.

В большинстве глубоких водохранилищ США развивается термическая стратификация, и в гиполимнионе таких водоемов отмечается накопление серово-

181. Затопление автомобильных и железных дорог при создании водохранилища Кайзингерблаф (США)



дорода, метана, аммиака, а также соединений железа и магния. Для повышения самоочищающей способности на небольших водохранилищах (до 10 млн. куб. м) применяют искусственную аэрацию, в результате которой удается поддерживать концентрации кислорода на уровне не ниже 3—4 мг/л.

Поскольку водохранилища — своеобразные гигантские отстойники, в них происходит накопление загрязнений. В качестве примера можно привести водохранилище Толькин во Флориде. В речных условиях месячное потребление фосфатов гидробионтами составляло 62 т, со стоком выносилось 106 т. После зарегулирования реки в условиях водохранилища потребление фосфатов составило 78 т при стоке в нижний бьеф всего 24 т в месяц.

Наибольший уровень загрязненности поверхностных вод, в том числе и водохранилищ, наблюдается в восточных, наиболее промышленно развитых штатах страны, занимающих примерно треть всей территории. По имеющимся данным (Environmental effects..., 1979), источниками их загрязнения служат коммунально-бытовые стоки и сточные воды животноводческих ферм, промышленных предприятий, содержащие биогенные элементы, органические токсические соединения и тяжелые металлы. В последние десятилетия все большее значение приобретают поверхностный сток с сельскохозяйственных полей и термальное загрязнение водоемов в результате сброса подогретых вод.

Все это, вместе взятое, ведет к евтрофированию водных объектов. В 1972—1977 гг. в США было проведено первое в стране обследование евтрофирования озер и водохранилищ. Из 800 обследованных водоемов 544 (68%) находились в стадии евтрофирования, а 32 (4%) — в стадии гиперевтрофирования (Environmental effects..., 1979). Если выборку этих данных считать представительной, то можно заключить, что не менее половины американских водохранилищ находится в стадии евтрофирования.

В заключение отметим, что создание водохранилищ в США в ряде случаев оказало большое положительное воздей-

ствие на инфраструктуру прилегающих районов. Например, каскад гидроузлов и водохранилищ в долине Теннесси создал условия на всем протяжении речной системы, способствующие рассредоточению промышленных предприятий, увеличению занятости населения, созданию более эффективной комплексной транспортной системы (автомобильный, железнодорожный, водный транспорт), освоению 2 млн. га земельных угодий. В других случаях положительные сдвиги в инфраструктуре оказались не столь масштабными, как ожидалось при проектных проработках (рис. 181).

Б. ВОДОХРАНИЛИЩА КАНАДЫ

4. ПРИРОДНО-ХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ И ИХ ФОНД

Канада расположена в арктическом, субарктическом и умеренном поясах. Две трети территории заняты равнинами, в основном в центральной части страны; на западе расположены Кордильеры (Скалистые горы), на востоке и северо-востоке к побережью Атлантического океана Гудзонова залива примыкают низменности.

Годовая сумма осадков на западном побережье более 2500 мм, на восточном — до 1250 мм, в центральных районах — 250—400 мм, на севере страны менее 150 мм. В северной половине Канады наблюдается сплошное и прерывистое распространение многолетнемерзлых горных пород. Для крайнего северо-востока Канадского Арктического архипелага и Кордильер характерна зона вечной мерзлоты.

Речная сеть Канады густая, питание рек преимущественно снегово-дождевое, на равнинах весной бывают высокие половодья, в Кордильерах — летние паводки. Длительность ледостава от 3 месяцев на юге до 9 месяцев на севере страны.

Равнинные области относятся к бассейну Атлантического и Северного Ледовитого океанов. Здесь формируются сложные озерно-речные системы. Крупнейшая из них — р. Св. Лаврентия с Великими озерами (Канаде принадлежит $^{1}/_{3}$ их акватории) общей длиной более 3 тыс. км. Крупные озерно-речные системы: система рек Финли — Оминека — Пис — Невольничья — Маккензи, включающая озера Малое Невольничье, Атабаска, Большое Невольничье, Большое Медвежье; система рек Боу — Саскачеван — Нельсон с озерами Боу, Сидар, Виннипег, Виннипегосис, Манитоба, Кросс.

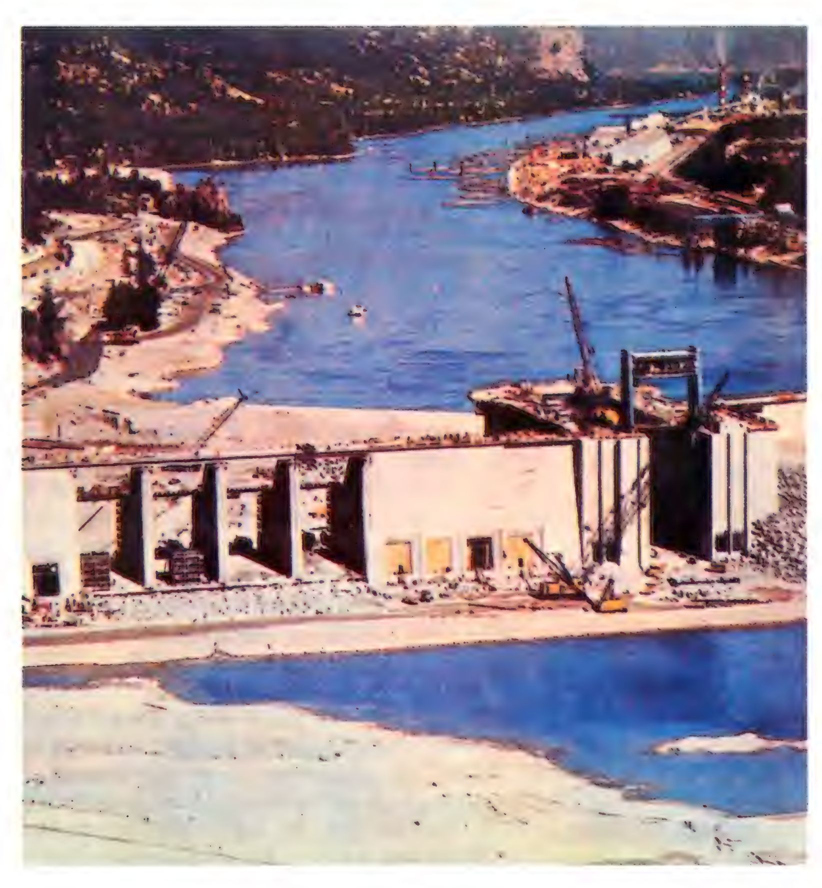
Реки горного Запада в большинстве своем короткие, имеют узкие глубоко врезанные долины. Крупнейшие реки горной части — Фрейзер, а также Юкон и Колумбия, принадлежащие Канаде только в верхнем течении (рис. 182).

Канада — одна из наиболее водообеспеченных стран мира по абсолютным и удельным (на душу населения) показателям, объем годового поверхностного стока — 1207 куб. км, в стране имеется свыше 200 крупных озер. Благодаря многочисленным озерам сток рек хорошо зарегулирован и не испытывает резких внутри- и межгодовых колебаний. Так, для области Канадского кристаллического щита, окаймляющего Гудзонов залив с трех сторон, коэффициент озерности достигает 10%.

Горные и равнинные реки (кроме Св. Лаврентия) мало пригодны для судоходства, но обладают большими запасами гидроэнергии, экономический потенциал их оценивается в 535 млрд. кВт · ч (4-е место в мире после Китая, СССР и США).

Три основных фактора способствовали большому размаху строительства плотин и водохранилищ в Канаде. Первый и наиболее значительный — развитие гидроэнергетики, основы развития электроэнергетики Канады. Второй — благоприятные топографические условия для создания водохранилищ и большое число озер, сток из которых может быть относительно легко зарегулирован. Третий фактор имеет региональное значение: в зоне прерий летом ощущается резкий недостаток воды для сельскохозяйственных культур.

Создание водохранилищ в Канаде началось после 1910 г. За прошедшие три четверти века страна достигла больших успехов в строительстве водохранилищ и вышла на 3-е место в мире (после СССР и США) по суммарным показателям числа, объема и площади акватории.



182. Водохранилище Арроу на р. Колумбия (Канада)

В настоящее время имеется 140 водохранилищ, емкостью каждое свыше 100 млн. куб. м, их суммарный объем — 770 куб. км, а полезный — 580 куб. км, что примерно соответствует показателям США. Общее число водохранилищ в Канаде достигает полутора тысяч.

Для Канады характерно создание озер-водохранилищ, что позволяет избежать больших затоплений территории и максимально полно использовать фактор естественной (природной) зарегулированности речного стока для стабильной выработки гидроэнергии.

Наибольшее количество водохранилищ объемом более 0,1 куб. км создано в последние 30 лет; если до 1950 г. было создано 59 водохранилищ суммарным объемом 85 куб. км, то в 1951—1984 гг.— 81 водохранилище суммарным объемом 685 куб. км, т. е. в 8 раз больше, чем в первой половине столетия. Причем по количеству (18) крупнейших водохранилищ (объемом более 10 куб. км) Канада занимает первое место в Северной Америке, опережая США, где подобных водохранилищ только шесть.

В Канаде, как и в США, по данным Мирового регистра плотин, в 70-х годах наблюдался резкий спад в плотиностроении. В 60-х годах ежегодно строилось 15 новых плотин, а в начале 70-х годов не более трех плотин в год. Но, как оказалось, это было временным явлением, в 1982 г. представители Канады на Конгрессе по большим плотинам, состоявшемся в Бразилии, сообщили, что в период 1979—1982 гг. в Канаде строилось 50 крупных плотин.

Две трети водохранилищ Канады создано в умеренном климатическом поясе и примерно одна треть — в субарктическом. Наибольшее количество (50), т. е. более трети всех водохранилищ объемом более 100 млн. куб. м, создано в бассейне р. Св. Лаврентия, значительное их количество (25) сооружено и в бассейне р. Нельсон.

Суммарная площадь водного зеркала водохранилищ объемом более

100 млн. куб. м достигла 120 тыс. кв. км, на водохранилища объемом более 1 куб. км приходится 83% этой площади (100 тыс. кв. км). Площадь озер-водохранилищ — около 60 тыс. кв. км, что равняется примерно половине площади всех водохранилищ. В Канаде имеется более 60 водохранилищ площадью свыше 100 кв. км, в том числе 20, включая и озера-водохранилища, имеют площадь более 1000 кв. км. Наибольшее количество крупных водохранилищ создано в провинциях Квебек и Онтарио.

5. ХОЗЯЙСТВЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ ВОДОХРАНИЛИЩ И ИХ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Возрастающие потребности в электроэнергии и воде вызвали необходимость создания большого числа крупных водохранилищ.

Канада — наиболее яркий пример, где преимущественно развито отраслевое использование водохранилищ. Из 140 водохранилищ объемом более 100 млн. куб. м комплексно используется лишь несколько, в том числе озеро-водохранилище Саут-Саскачеван (Гардинер).

Одной из первых, раньше других освоенных крупных рек Канады и США была р. Колумбия, четвертая по величине в Северной Америке. В 1964 г. между США и Канадой был подписан договор, по которому Канада построила на этой реке три гидроузла с водохранилищами общим объемом 19 куб. км для регулирования стока в целях повышения выработки электроэнергии на американских ГЭС и борьбы с наводнениями на участках реки, находящихся на территории США. США в свою очередь обязались передавать Канаде половину дополнительно выработанной энергии и компенсировать часть затрат.

Поскольку основой электроэнергетики Канады служит гидроэнергетика (около 75% в общем производстве), энергетическое использование водохранилищ имеет общенациональное значение. К середине 80-х годов суммарная установленная мощность гидростанций Канады превысила 40 млн. кВт с годовой выработкой около 300 млрд. кВт· ч. В настоящее время освоено 40% экономического гидроэнергопотенциала, а к 2000 г. предполагается освоить $^3/_4$. Главные гидроэнергоузлы с регулирующими водохранилищами созданы в провинциях Квебек (50% суммарной мощности ГЭС), Онтарио (25%) и Британская Колумбия (15%).

В стране сооружены небольшие водохранилища и для других целей. В прериях летом ощущается резкий недостаток воды, и усилиями фермеров частным образом было создано множество небольших ирригационных водохранилищ, а также водохранилищ для водоснабжения населенных мест и животноводческих ферм. Это во многом способствовало увеличению сельскохозяйственной продукции. На юго-западе провинции Саскачеван и юго-востоке провинции Альберта большое внимание уделяется водохозяйственному строительству; здесь построено 20 водохранилищ суммарным полезным объемом около 450 млн. куб. м, обеспечивающих обводнение 40 тыс. га сельскохозяйственных земель, занятых под кормовые культуры.

Сильные наводнения наблюдаются в провинции Манитоба. В 1950 г. произошло наводнение, от которого пострадал г. Виннипег. Особенно часто затопляются земли в долине р. Ассинибойн, на участке от г. Портаж-ла-Прэри до г. Виннипега. Зарегулирование стока р. Ассинибойн позволит одновременно обводнить небольшие реки в районах интенсивного сельскохозяйственного производства. Около г. Те-Пас вдоль берегов оз. Манитоба была построена система противопаводковых защитных дамб и сооружена дренажная система, что позволило мелиорировать более 40 тыс. га ценных пахотных земель.

Управление «Гидро-Манитоба» разработало проект для севера провинции Манитоба, осуществление которого уже близко к завершению. Предполагается перебросить часть стока р. Черчилл в р. Нельсон. Суммарная установленная мощность 14 ГЭС в системе р. Нельсон составила около 7 млн. кВт. Для полного осуществления этого проекта понадобится зарегулировать оз. Виннипег и повысить уровень оз. Саутерн-Индиан-Лейк, что в свою очередь вызовет значительные изменения в типе ландшафтов и в использовании ресурсов. В результате

строительства будет затоплено свыше 100 тыс. га земель. Программа очистки ложа создаваемых водохранилищ, учитывая большой объем лесосводки и лесоочистки, уже осуществляется. Предполагается строительство дамб обвалования для ограничения затопления. Система дамб и перемычек позволит также зарегулировать озера Кискито, Нотиги. Наиболее существенные последствия для окружающей среды будут связаны с зарегулированием оз. Виннипег, переброской стока р. Черчилл, строительством и эксплуатацией каскада ГЭС на р. Нельсон.

Изъятие $^2/_3$ стока р. Черчилл вызовет сдвиги в сроках образования шуги и наступления ледостава в нижнем течении и, несомненно, окажет непосредственное воздействие на сроки навигации и качество воды р. Черчилл. Разрушение берегов и заиление водохранилищ на р. Нельсон будут весьма интенсивными, поскольку район расположен в зоне вечной мерзлоты.

Провинция Онтарио занимает 2-е место после Квебека по числу крупных водохранилищ. Здесь 26 водохранилищ объемом более 100 млн. куб. м и суммарным полным объемом около 60 куб. км. Они в основном энергетические и противопаводковые. Большую роль в борьбе с наводнениями играют малые и небольшие водохранилища, фермерские пруды и мельничные пруды на малых реках.

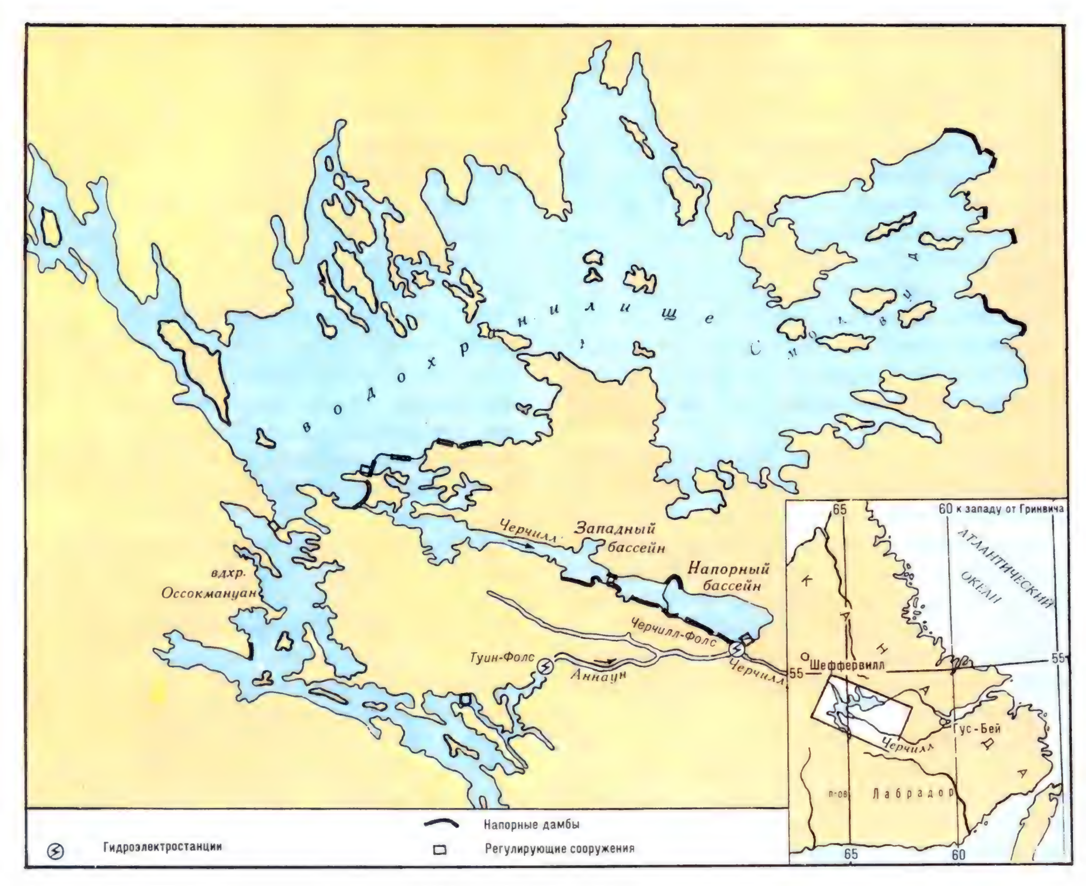
В Канаде построены крупнейшие водохранилища — Даниель-Джонсон, Гордон М. Шрам (называемое Портидж-Маунтин, или Беннет), Черчилл-Фолс и др. В связи с созданием таких крупных водохранилищ проводились исследования их воздействия на окружающую среду. В 1971 г. в университете провинции Альберта был организован специальный симпозиум, основная тема которого — влияние плотины Беннет и водохранилища Портидж-Маунтин на дельты рек Пис и Атабаска. Создание водохранилища Портидж-Маунтин сопровождалось понижением уровня оз. Атабаска на 1,5 м и частичным обсыханием дельт рек Пис и Атабаска на территории 200 тыс. га, состоящей из сотен болот, озер и проток. Некоторые из них теперь полностью изолированы от озера и наполняются лишь в паводок. Береговая линия многих озер дельты за три года после создания водохранилища Портидж-Маунтин переместилась на 800—1000 м, в связи с чем произошло осушение мелководий на площади 50 тыс. га. Последствие этого — снижение численности популяции ондатры в пределах национального парка Буффало со 144 тыс. в 1966 г. до 100 тыс. в 1972 г. Отрицательно сказалось понижение уровня воды в дельте р. Атабаска и на некоторых видах рыб. Например, популяции щуки, окуневых рыб, которые здесь были широко распространены, значительно сократились из-за промерзания некоторых водоемов или дефицита кислорода.

До настоящего времени было отмечено положительное влияние понижения уровня воды на условия гнездования водоплавающих птиц, так как в естественных условиях многие гнезда во время паводка смываются. В то же время уменьшилась площадь верховых болот, используемых птицами для нагула.

На участке национального парка Буффало в районе дельты насчитывалось около 10 тыс. бизонов, которые паслись на травяных и осоковых пастбищах и находили укрытие в зарослях ивняка. Изменение водного режима дельты мало повлияло на стадо бизонов, а отсутствие летнего паводка даже увеличило процент выживания молодняка. Однако дальнейшее развитие растительных сукцессий в условиях продолжающегося понижения уровня приведет к уменьшению пастбищ, что сразу же скажется на численности бизонов. Изменение водного режима дельты практически не оказало влияния на популяцию американских лосей. Проводятся дальнейшие исследования влияния зарегулирования реки Пис на биоценозы дельт рек Пис и Атабаска (Townsend, 1975).

При создании водохранилища Черчилл (Смолвуд) площадью 6650 кв. км на полуострове Лабрадор, образованного зарегулированием нескольких сложных по гидрографии озер, проводились и ведутся по сей день исследования влияния затопления на окружающую среду (рис. 183). До начала гидроэнергетического строительства район в экономическом отношении был практически

183. Водохранилище Смолвуд на р. Черчилл в Канаде, включившее ряд озер других речных бассейнов



не освоен. Построенная ГЭС мощностью 5,2 млн. кВт с выработкой электроэнергии 30 млрд. кВт · ч — одна из крупнейших в мире. В настоящее время ведутся исследования влияния нового водохранилища на растительность окружающих территорий, на качество воды. Увеличились электропроводность и содержание минеральных веществ. Претерпела качественные изменения и увеличилась биомасса фито- и зоопланктона. Проводятся исследования рыбных популяций, дикой фауны и лесной растительности. Леса в затопленном районе были невысокого бонитета, лишь 2% древесины представляли товарную ценность. Интересно, что подтопления территорий и оглеения почв практически не наблюдается в районах, прилегающих к водохранилищу Смолвуд, поскольку его ложе состоит из скальных пород (Duthie, Ostrovsky, 1975).

При создании водохранилища Смолвуд было построено 32 плотины и дамбы, которые засеяли травами. В результате число гнездящихся канадских гусей возросло в 10 раз (со 100 до более 1000 особей).

За счет большого количества биогенных веществ, поступивших в водохранилище в результате затопления территории, увеличились в 3 раза размеры и количество рыб. Пресноводный лосось, ранее имевший максимальный вес 2,3 кг, теперь достигает 7 кг.

В заключение кратко охарактеризуем крупный гидроэнергетический каскад, создаваемый в суровых условиях на р. Ла-Гранд, впадающей в Гудзонов залив. Всего по проекту намечается создание шести ГЭС суммарной установленной мощностью 13,5 млн. кВт и годовой выработкой 62 млрд. кВт · ч. Общая стоимость строительства — 13 млрд. долл. Первая очередь включает создание четырех ГЭС общей мощностью 10,2 млн. кВт, переброску части стока рек Истмейн и Каниаписко в р. Ла-Гранд, что почти удваивает ее сток. Создаются четыре водохранилища — Ла-Гранд-1,

-2, -3, -4 общим объемом 142 куб. км и акваторией 11 400 кв. км. Самое крупное из них — водохранилище Ла-Гранд-2 объемом 62 куб. км, площадью 4000 кв. км. Почти такое же по размерам Ла-Гранд-3, объем этого водохранилища будет 57 куб. км, а площадь — 1865 кв. км. Водохранилище Ла-Гранд-4 будет иметь объем 21,2 куб. км и площадь 743 кв. км.

Решение о создании каскада плотин и водохранилищ вызвало большой общественный резонанс и активные протесты экологов, поскольку полностью или частично затопляются леса на площади почти в 10 тыс. кв. км, гибнет растительность на берегах рек, нарушаются места обитания многих животных и птиц, ожидается всплытие торфяников, затопление мелководных нерестилищ, сокращение площади охотничьих и рыболовных угодий.

Поэтому природоохранным мероприятиям уделили большое внимание по следующим направлениям: регулирование биологического режима затопляемой территории; создание условий для комплексного использования водохранилищ; окультуривание природных ландшафтов в районах населенных мест. Особое внимание уделяется контролю за уборкой остатков древесины из зоны затопления.

Предполагается создать специальный консультативный совет и обширную сеть станций по контролю состояния природной среды в зоне влияния системы водохранилищ Ла-Гранд.

В районе строительства проживают 13 тыс. аборигенов, в том числе 8 тыс. индейцев племени кри и 5 тыс. эскимосов. Коренные жители страны давно требовали возмещения потерь, вызванных изъятием принадлежащих им земель и ухудшением охотничье-промысловых угодий при создании каскада Ла-Гранд. Федеральные и провинциальные власти вынуждены были заключить с коренными жителями соглашение о выплате им в порядке компенсации 225 млн. долл. с предоставлением определенной территории в исключительное владение аборигенов.

Глава двенадцатая

ВОДОХРАНИЛИЩА ЛАТИНСКОЙ АМЕРИКИ

А. ВОДОХРАНИЛИЩА СРЕДНЕЙ АМЕРИКИ

Мексика — одно из крупнейших государств Латинской Америки. По созданию водохранилищ ей принадлежит ведущее после Бразилии место в регионе. Большую часть территории занимает Мексиканское нагорье с высотами 1000—2000 м, которое с запада и востока окаймляют хребты Западная Сьерра-Мадре и Восточная Сьерра-Мадре, а также приморские низменности, более значительные на востоке (включая низменный полуостров Юкатан). Климат Мексики тропический, на севере — субтропический, с годовым количеством осадков 10—500 мм в северной и центральной частях и 1000—3000 мм — в южной части страны и на побережье Мексиканского залива. Почти на половине территории страны преобладают пустыни и полупустыни.

На северо-западе страны речная сеть очень редка, на полуострове Юкатан поверхностный сток отсутствует. Лишь в юго-восточной части она представлена многочисленными короткими и быстрыми реками, обладающими относительно большой водностью и значительными гидроресурсами. Самые крупные реки — Рио-Гранде (Рио-Браво-дель-Норте), пограничная с США, Бальсас, Рио-Гранде-де-Сантьяго, Грихальва, Сан-Хуан, Яки.

Резкие колебания и неравномерное распределение поверхностного стока по территории обусловили необходимость его зарегулирования путем создания водохранилищ, в первую очередь для развития ирригации. В настоящее время в стране орошается не менее 5 млн. га земель, которые дают более половины всей продукции растениеводства. В последние 20 лет создание водохранилищ стимулировало и развитие гидроэнергетики.

Мексика входит в десятку наиболее «водохранилищных» стран мира, занимая по числу и полному объему 7-е место после СССР, США, Канады, Китая, Бразилии, Индии. Причем если для большинства указанных стран наряду с регулированием стока есть и другие возможности водообеспечения хозяйства путем использования подземных

184. Динамика создания водохранилищ полным объемом более 100 млн. куб. м в Мексике



вод или межбассейновых перебросок стока, то для Мексики они почти отсутствуют. Поэтому в стране альтернативы созданию водохранилищ практически нет. Они дают жизнь огромным бесплодным и безводным пустынным и полупустынным территориям. Это хорошо понимали еще коренные жители страны — индейцы ацтеки и майя, строившие грандиозные по тем временам гидротехнические сооружения.

Строительство небольших, емкостью до 30 млн. куб. м, водохранилищ развернулось еще в XIX в., к 1900 г. их насчитывалось более 40; в период до второй мировой войны было создано уже около 180, в основном также небольших водохранилищ.

Массовый характер строительство водохранилищ приобрело после 40-х годов, когда было создано 80% общего числа и суммарного объема водохранилищ. К 1970 г. в Мексике имелось более 900 водохранилищ суммарным полным объемом 85 куб. км. На начало 1984 г. их общее число составило не менее 1200, а суммарный полный объем превысил 140 куб. км, полезный — 70 куб. км. Таким образом, общая зарегулированность поверхностного стока достигла 20%, в сухой сезон за счет создания водохранилищ доля устойчивого стока возросла с 8 до 27%.

В настоящее время имеется около 60 водохранилищ объемом более 100 млн. куб. м, доля которых в суммарном полном объеме достигает 91%. Средний единичный объем остальных 1100 водохранилищ невелик, около 10 млн. куб. м, а их суммарный полный объем не превышает 11 куб. км. Прирост полного суммарного объема водохранилищ за последние 10 лет (1974—1984 гг.) составил примерно 20% (рис. 184).

В Мексике создано и подготавливается 22 крупных водохранилища объемом более 1 куб. км, из них к категории очень крупных (свыше 10 куб. км) относятся только два водохранилища — Ангостура (1974 г.), созданное на р. Грихальва, его объем — 18,5 куб. км, площадь — 636 кв. км и Нецауалькойотль объемом 13 куб. км. Это обусловлено относительно небольшой водностью мексиканских рек. Водохранилищ площадью выше 100 кв. км в стране также немного — 14, большинство из них создано в условиях плоскогорного рельефа. Две трети средних и крупных водохранилищ образовано плотинами высотой более 50 м, причем восемь из них — плотинами высотой более 100 м, а одно водохранилище (Чикоасен на р. Грихальва) — плотиной высотой 240 м. Суммарная площадь водного зеркала 25 крупнейших водохранилищ составляет 5,6 тыс. кв. км, общая же площадь всех водохранилищ Мексики оценивается расчетно величиной примерно 7,0 тыс. кв. км (рис. 185, 186).

Водохранилища созданы на всей территории страны, за исключением полуострова Юкатан (рис. 187). Немного водохранилищ, не более десяти, есть в районе распространения тропических лесов, на крайнем юго-востоке страны, два из них самые крупные — Нецауалькойотль и Ангостура на р. Грихальва (рис. 188). В центральной и восточной частях Мексики расположено больше всего водохранилищ, в северных и северо-западных районах страны «плотность» их по крайней мере вдвое ниже. Большинство крупных мексиканских водохранилищ сосредоточено на периферии страны, в западных и восточных районах.

Особенности гидрографии и гидрологического режима на территории Мексики не способствуют созданию протяженных многоступенных каскадов гидроузлов и водохранилищ. Наиболее значительные каскады водохранилищ созданы на реках Грихальва (4 водохранилища), Бальсас (5) и Тилосток (5).

Самая многочисленная система из 23 небольших водохранилищ создана в бассейне р. Кончос.

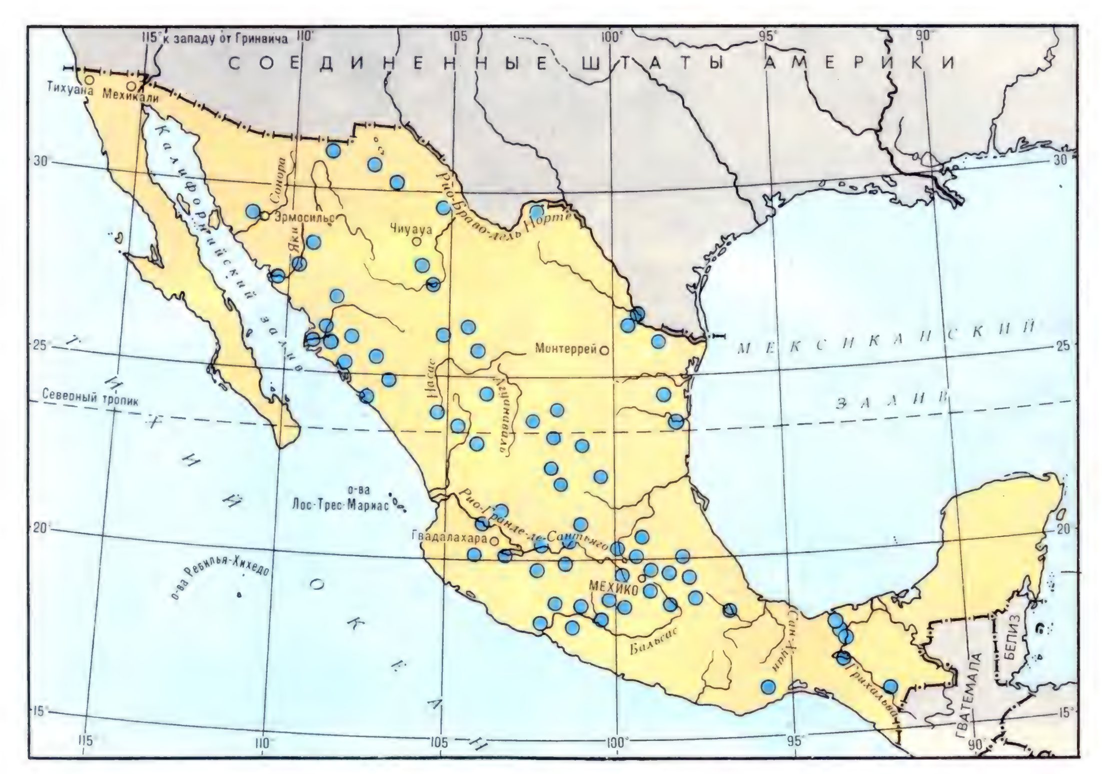
Более 90% водохранилищ Мексики представляют небольшие водоемы ирригационного назначения объемом до 10—

185. Высокая плотина, образовавшая крупное водохранилище Мигуэль-Идальго (Мексика)

186. Вид на водохранилище Мигуэль-Идальго (Мексика)



187. Размещение водохранилищ полным объемом более 100 млн. куб. м в Мексике



30 млн. куб. м, позволяющие вести гарантированное орошение на площади от нескольких сот до 10 тыс. га земель.

Почти все водохранилища объемом более 100 млн. куб. м используются комплексно в целях гидроэнергетики, ирригации, борьбы с наводнениями и водоснабжения. В последние 20 лет строительство гидроэнергоузлов и гидроэнергетическое использование водохранилищ получают все большее развитие, в 1980 г. доля производимой гидростанциями энергии достигла почти 40%. На р. Грихальва создан каскад из 4 ГЭС суммарной установленной мощностью 4,8 млн. кВт, с самой крупной из них ГЭС — Чикоасен (2,4 млн. кВт). Очень велико общее ирригационное значение водохранилищ Мексики; только благодаря созданию 25 наиболее крупных водохранилищ обеспечивается гарантированное орошение почти 2 млн. га земель, общая площадь земель, орошаемых из небольших водохранилищ, составляет расчетно 1—1,5 млн. га. Таким образом, примерно $^2/_3$ фонда орошаемых земель обеспечиваются влагой из водохранилищ.

Поскольку большинство крупных водохранилищ Мексики создано в условиях горного рельефа и характеризуются небольшими величинами удельных затоплений территории на единицу объема, общие масштабы нарушений в окружающей среде незначительны. Положительным фактором в результате создания многочисленных небольших водохранилищ оказалось существенное, не менее чем в 3 раза, увеличение озерности территории. При создании ряда водохранилищ наблюдалось локальное увеличение микросейсмической активности. Наиболее существенные проблемы — повышенные потери на испарение с акваторий водохранилищ и чрезмерное развитие водной растительности (гиацинта), которая сейчас распространена на $^2/_3$ всех внутренних водоемов страны.

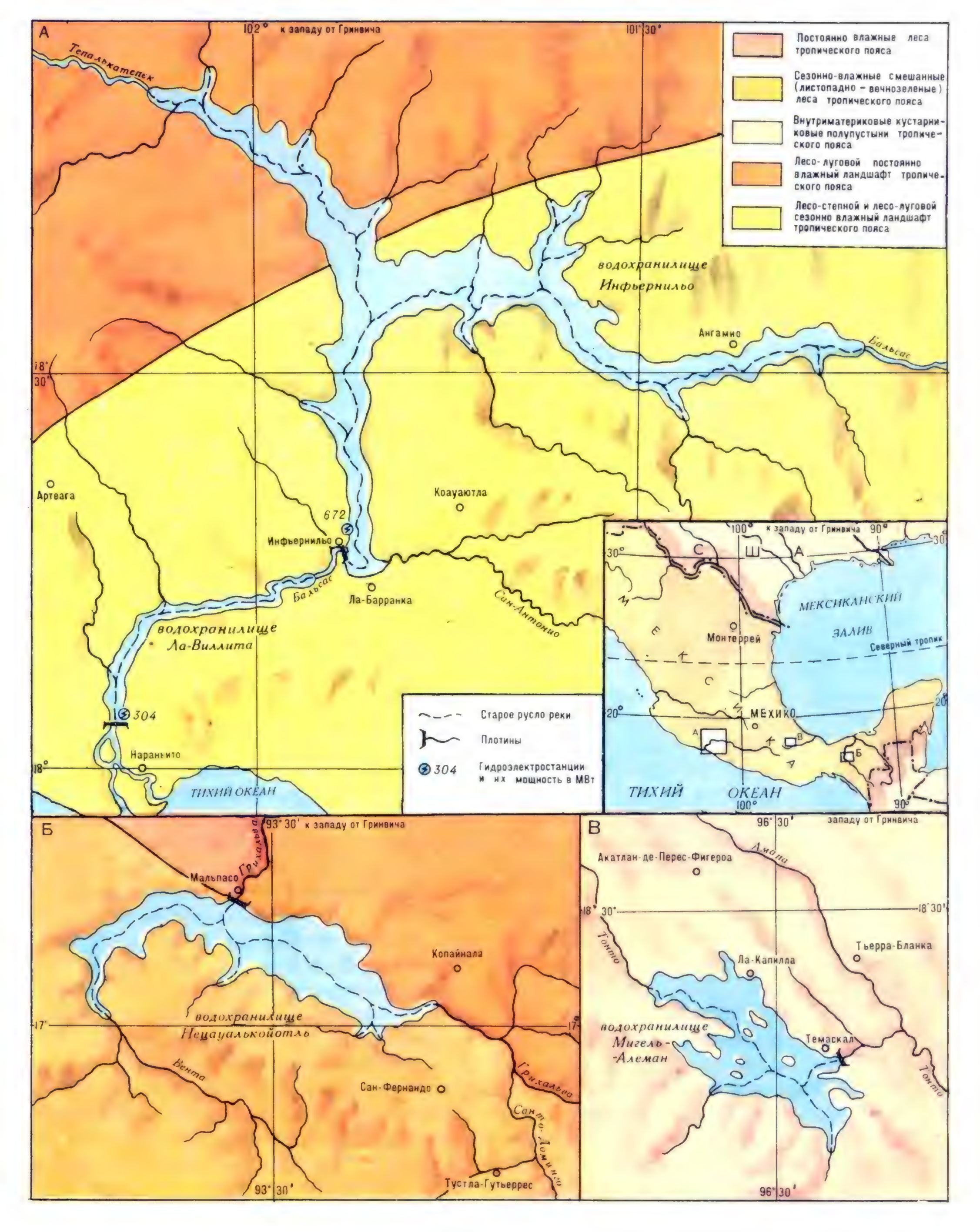
Несмотря на то что водохранилища Мексики в основном создаются на горных реках, здесь не возникает серьезных проблем, связанных с заилением и занесением искусственных водоемов. Анализ данных, проведенный для 12 водохранилищ, существующих от 8 до 57 лет, а одно более 400 лет, показал, что темпы заиления очень небольшие, кроме одного случая (потеря 25% объема за

188. Конфигурация и сравнительные размеры акваторий водохранилищ Нецаулькойотль и Мигель-Алеман, Инфьернильо и Ла-Виллита в Мексике

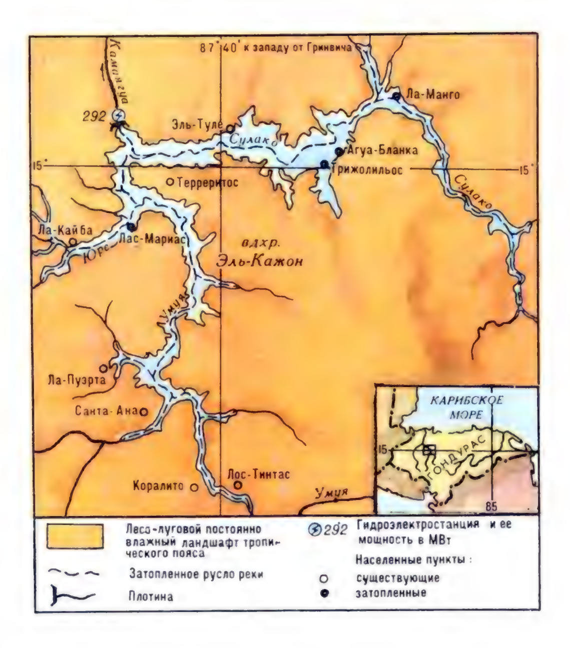
24 года существования на водохранилище Мануэль-Авилла-Камачо).

Другие страны Средней Америки находятся в тропическом (до впадины Никарагуа) и субэкваториальном климатическом поясах и хорошо обеспечены осадками — от 1500 до 3000 мм за год.

Вследствие обильных осадков, горного характера рельефа слой среднегодового стока превышает 600 мм, достигая в некоторых районах Коста-Рики и Панамы 1500 мм. Реки бассейна Атлантического океана полноводны в течение всего года, реки, впадающие в Тихий оке-



189. Водохранилище Эль-Кахон (Гондурас)



ан, отличаются паводковым режимом с резкими колебаниями расходов воды. Почти во всех центральноамериканских странах водохранилища созданы в основном в целях гидроэнергетики и ирригации.

В Гватемале имеется пять водохранилищ гидроэнергетического назначения суммарным объемом 1,5 куб. км.

В Гондурасе — четыре водохранилища. Подготавливается такое сравнительно крупное водохранилище многолетнего регулирования, как Эль-Кахон на р. Умуя объемом 5,7 куб. км и площадью 94 кв. км, мощность ГЭС — 300 тыс. кВт с годовой выработкой 1,3 млрд. кВт · ч, мощность второй очереди ГЭС, намечаемой к 1990 г., — 600 тыс. кВт с годовой выработкой 9,35 млрд. кВт · ч. Водохранилище Эль-Кахон будет использоваться также для ирригации и защиты от наводнений (рис. 189).

В Сальвадоре создано четыре водохранилища энергетического назначения суммарным объемом около 3,5 куб. км, среди них выделяется Серрон-Гранде (объем — 2,2 куб. км) на р. Лемпа с ГЭС мощностью 270 тыс. кВт.

В Никарагуа имеется пять водохранилищ общим объемом 1,5 куб. км.

Из центральноамериканских стран, расположенных на перешейке, наибольший суммарный полный объем водохранилищ имеет Коста-Рика — почти 16 куб. км. В 1983 г. создано крупнейшее в регионе водохранилище Борука на р. Ферраба объемом 15 куб. км, площадью 220 кв. км.

Второй по величине суммарный полный объем водохранилищ имеет Панама — около 11 куб. км, из которых 9,5 куб. км приходится на два наиболее крупных по площади в Центральной Америке водохранилища: Гатун (объем — 5,43 куб. км, площадь — 425 кв. км) на р. Чагрес и Байяна на одноименной реке (объем — 4 куб. км, площадь — 776 кв. км).

При заполнении водохранилища Байяна была проведена (1976 г.) получившая международную известность «операция Ной-2» по спасению животных из зоны затопления, которую разработали по инициативе правительства Панамы специалисты из Международного общества охраны животных. Возглавлял эту операцию, как и аналогичную операцию «Гвамба», известный биолог Дж. Уолш. При перекрытии русла р. Байяны плотиной начался быстрый подъем воды на 30 реках бассейна в районе резервата индейцев кука. На многочисленных островках оказалось в бедственном положении много животных, включая таких редких, как двупалые ленивцы, муравьеды, кинкажу, пумы, оцелоты, ягуары и тапиры. Дж. Уолш и 20 его помощников-индейцев в течение 8 месяцев спасли 2 тыс. различных животных. Однако, как и аналогичные операции, «Ной-2» также оказалась недостаточно подготовленной из-за нехватки финансовых средств. В результате не хватало лодок и специального оборудования, и, хотя общая стоимость работ оценивалась не более 100 тыс. долл., тем не менее и эта сумма не была собрана.

Республика Куба выделяется среди центральноамериканских стран по темпам и масштабам создания водохранилищ. Это обусловлено тем, что, несмотря на большие среднегодовые суммы осадков, составляющие 2000—3000 мм, большая их часть (75—80%) выпадает в сезон дождей. Поскольку главный водораздел проходит по осевой части острова, реки Кубы короткие,

с небольшими по площади бассейнами и не отличаются большой водностью. Расходы воды и их внутригодовой сток подвержены очень резким сезонным колебаниям в результате воздействия тропических циклонов, сопровождающихся ветрами ураганной силы, ливнями и наводнениями.

Резко выраженная сезонность распределения осадков и стока, частые засухи и постоянные наводнения вызывают необходимость создания систем водохранилищ во всех районах страны, без чего интенсивное хозяйственное развитие страны просто невозможно.

До 1959 г. на Кубе имелось всего 13 небольших водохранилищ общим объемом 47,8 млн. куб. м. За 25 лет, прошедших после победы Народной революции, суммарный полный объем водохранилищ Кубы возрос более чем в 100 раз. В настоящее время на Кубе 105 водохранилищ суммарным объемом около 6 куб. км, в том числе 14 водохранилищ объемом, превышающим 100 млн. куб. м, доля их в суммарном объеме — 60%.

Отношение суммарного объема водохранилищ Кубы к объему среднемноголетнего стока (27,7 куб. км) составляет 21%. Максимально возможное по технико-экономическим и экологическим соображениям зарегулирование стока оценивается величиной 17,3 куб. км, т. е. 68% всего объема стока.

Общая площадь акватории водохранилищ — около 700 кв. км. Распределение водохранилищ по территории страны сравнительно равномерное.

Характерная особенность водохранилищ Кубы по сравнению с другими странами в том, что они не используются в гидроэнергетических целях. Только при водохранилище Анабанилья на одноименной реке (объем — 0,28 куб. км, площадь — 19,4 кв. км) имеется небольшая ГЭС мощностью 33 тыс. кВт.

Ирригационное значение водохранилищ Кубы, напротив, очень велико, благодаря их созданию стало возможным гарантированное орошение почти 1 млн. га сельскохозяйственных угодий, по сравнению с 1959 г. площадь орошаемых на базе водохранилищ земель возросла в 6 раз.

Самое крупное водохранилище — Заза, созданное с помощью советских специалистов в 1972 г. на одноименной реке, его объем — 1,02 куб. км, площадь — 114 кв. км.

По нескольку небольших водохранилищ есть на Ямайке и Гаити.

В Доминиканской Республике имеется четыре водохранилища общим объемом 1,2 куб. км, из которых выделяется водохранилище комплексного назначения Сабанетта на р. Сан-Хуан объемом 0,68 куб. км, позволяющее оросить 18 тыс. га.

Б. ВОДОХРАНИЛИЩА ЮЖНОЙ АМЕРИКИ

1. ПРИРОДНО-ХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ

Природные условия и хозяйственная освоенность территории Южной Америки неоднородны. Неодинаковы предпосылки и условия создания водохранилищ в отдельных регионах континента. Гидрометеорологический режим преобладающей части материка (около 70% территории) определяется воздействием воздушных масс, формирующихся над Атлантическим океаном. Территория Южной Америки охватывает шесть климатических поясов: экваториальный, северный и южный субэкваториальные, тропический, субтропический и умеренный. В Андах четко выражена высотная зональность климата.

Особенности атмосферной циркуляции, орография и внутриконтинентальная трансформация воздушных масс создают неравномерное распределение осадков по территории континента в диапазоне от 5000 до менее чем 50 мм в год. Южная Америка получает примерно в 2 раза больше (1643 мм) среднемирового количества осадков на единицу площади.

Существенное значение имеют межгодовые колебания, и в особенности резко выраженная на большей части континента сезонность выпадения осадков. Даже в восточной части Амазонии с субэкваториальным климатом, где годовое число осадков велико и достигает 1500—2000 мм, четко выражен засушливый период продолжительностью 3—4 меся-

ца. Особенно резко проявляется межгодовая изменчивость и нерегулярность количества выпадающих осадков в пределах Бразильского плоскогорья. Например, за пятилетний период (1979—1983 гг.) не выпало ни одной капли дождя в северо-восточном районе Бразилии, равном по площади Франции, Англии, Испании и Италии, вместе взятым. Обширные площади (по разным оценкам, от 30 до 40% территории) материка могут быть отнесены к категории пустынь и полупустынь. Чередование циклов наводнений и засух во многих районах Аргентины, Бразилии, Чили, Перу и других стран делает проблематичным без мелиорации гарантированное производство сельскохозяйственной продукции.

Большое количество осадков атлантического происхождения, обширные плоскогорья, переходящие в равнины и низменности, собирающие воды с прилегающих склонов Анд, обусловили формирование таких крупных и полноводных речных систем, как Амазонка, Ориноко, Парана, Уругвай. Большая часть речных систем (около 90% всех рек) относится к бассейну Атлантического океана. Водораздел между бассейнами Тихого и Атлантического океанов проходит по хребтам Анд. Около 10% материка — области внутреннего стока.

Южная Америка — наиболее богатый водными ресурсами (на единицу площади и на душу населения) континент земного шара. Объем речного стока равен 11,8 тыс. куб. км, что составляет 27% всего объема мирового речного стока. Средний слой стока с континента равен 680 мм, что превышает среднемировой показатель в 2 раза.

Преобладают реки дождевого питания, и лишь на крайнем юге континента есть несколько рек снегово-ледникового питания. Имеется 76 рек с площадью водосбора более 500 кв. км, в том числе у 15 рек водосборы превышают площадь 50 тыс. кв. км.

Величина слоя речного стока резко колеблется по территории материка — от нескольких десятков до 5 тыс. мм. По режиму внутригодового распределения стока Южную Америку можно разделить на две зоны. Первая зона приурочена к экваториальным районам, где наибольший сток наблюдается в начале и середине года. Вторая зона охватывает речные бассейны, расположенные к северу и югу от экваториальной области, где максимум стока приходится на середину и конец года.

Необходимо иметь в виду циклическую природу колебаний поверхностного стока, т. е. чередование группировок маловодных и многоводных лет, средняя длительность которых для различных регионов Южной Америки колеблется от 2 до 6 лет. Но еще большее значение имеет неравномерность внутригодового распределения стока, особенно в пределах Бразильского плоскогорья, где начинаются правобережные притоки Амазонки, и на равнине Гран-Чако. На крайнюю неравномерность сезонного распределения стока указывает, например, отношение максимальных среднемесячных расходов воды в реках к минимальным, которое достигает 300. В период сухого сезона многие реки характеризуются небольшим стоком, а при особо продолжительных засухах сток прекращается. Для большей части территории континента за три наиболее маловодных месяца проходит только 5—10% величины годового стока.

Таким образом, несмотря на высокую в целом обеспеченность Южной Америки атмосферными осадками и ресурсами речного стока, имеются существенные предпосылки для регулирования стока водохранилищами. Но не только недостаток, но и избыток воды, особенно при бурных тропических дождевых паводках, также создает большие проблемы из-за катастрофических наводнений. Предотвращение наводнений — важная проблема для Аргентины, Боливии, Колумбии, Чили.

Реки континента обладают колоссальными гидроэнергетическими ресурсами, 15% всего мирового гидроэнергетического потенциала приходится на Южную Америку. Поскольку все страны континента — развивающиеся, основные хозяйственно-экономические предпосылки создания водохранилищ в Южной Америке связаны с решением трех основных проблем: продовольственной, энергетической и санитарно-гигиенической. Последняя включает широкий круг аспектов, среди которых жизненно важное

значение приобретает проблема обеспечения населения доброкачественной водой.

Продовольственные проблемы стран Южной Америки могут с успехом решаться на основе широкого проведения осушительных и увлажнительных мелиораций. Четыре страны континента — Аргентина, Венесуэла, Перу, Боливия — нуждаются в ирригации более чем на половине площади, пригодной для сельского хозяйства; в Парагвае, Уругвае и Чили доля орошаемых площадей должна составить не менее 20—50%. При этом в таких странах, как Аргентина, Венесуэла, Бразилия, Уругвай и др., более 70% пригодных для орошения площадей все еще не орошается, несмотря на то что начиная с 1900 г. примерно каждые 20 лет происходит удвоение площадей орошаемых земель.

Несмотря на наличие больших запасов полезных ископаемых, имеющих топливно-энергетическое значение, для электроэнергетики многих южноамериканских стран наиболее важными были и остаются гидроэнергоресурсы. Не случайно поэтому многие страны континента, особенно Бразилия, Аргентина, Венесуэла, ведут крупное по мировым масштабам гидроэнергетическое строительство. Создание гидроэнергоузлов и водохранилищ затрудняется острым недостатком надежных гидрологических данных и отсутствием финансовых возможностей для реализации крупных проектов, требующих больших единовременных затрат. Привлечение иностранного капитала, зачастую на кабальных условиях, ведет не только к экономической, но и к политической зависимости.

2. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДОХРАНИЛИЩ

Массовое создание водохранилищ в Южной Америке началось в 50-х годах нашего столетия и совпадает с началом развития производительных сил на континенте. Наглядное представление дает об этом рис. 190.

К началу 80-х годов в Южной Америке имелось и подготавливалось к эксплуатации около 250 водохранилищ объемом более 100 млн. куб. м (рис. 191, 192). Общее количество водохранилищ, по-видимому, приближается к 2 тыс. Однако, как и во многих других регионах земного шара, основное значение в Южной Америке имеют большие и средние водохранилища.

Водохранилища расположены в основном в пределах Бразильского и Гвианского плоскогорий, Северо-Западных, Субтропических и Патагонских Анд, Патагонии.

По величине полного объема и площади зеркала к категории крупнейших на Южно-Американском континенте может быть отнесено только одно водохранилище — Гури (Эль-Мантеко), расположенное в Венесуэле (р. Карони, басс. р. Ориноко). Диаграмма, показывающая процентное соотношение категорий размеров водохранилищ, приведена на рис. 191.

Суммарный полный объем водохранилищ оценивается величиной порядка 800 куб. км, из которых на долю водохранилищ объемом более 100 млн. куб. м приходится около 750 куб. км, т. е. почти 94% всего их объема. Суммарный полезный объем, оцениваемый экспертно в связи с разрозненностью и неполнотой исходных материалов, составляет 350 куб. км.

Сопоставление этих величин, например, с величиной среднемноголетнего объема стока континента (11 800 куб. км) дает в процентном соотношении незначительные величины: для суммарного полного объема — около 8%, а для суммарного полезного объема — не более 3%. Суммарная площадь зеркала водохранилищ оценивается в 60 тыс. кв. км, по отношению к территории континента это составляет только 0,003%.

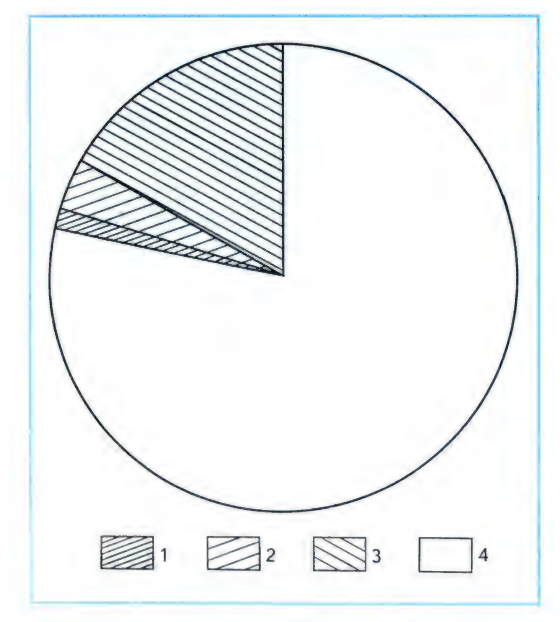
По количеству и основным параметрам водохранилищ страны Южной Америки существенно различаются между собой. По фонду водохранилищ на один-два порядка по сравнению с другими странами выделяются Бразилия и Аргентина.

В Южной Америке средние и крупные водохранилища (более 85%) созданы главным образом в равнинных и плоскогорных условиях и лишь несколько водохранилищ имеется в горных районах. Большинство водохранилищ создано в речных долинах. Иные типы водохра-

190. Динамика создания водохранилищ в Южной Америке



191. Диаграмма распределения водохранилищ Южной Америки по полному объему
1 — крупнейшие,
2 — крупные,
3 — средние, 4— небольшие



нилищ, достаточно широко распространенные на других континентах, такие, как озера-водохранилища, наливные и др., в Южной Америке практически отсутствуют.

По характеру регулирования стока большинство водохранилищ относится к водохранилищам сезонного, недельного и суточного регулирования. Водохранилищ многолетнего регулирования в Южной Америке сравнительно немного. Исключение составляют лишь водохранилища горных районов Анд и территорий на крайнем юге континента.

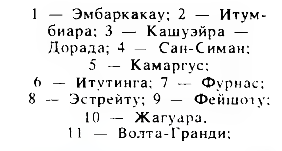
Подавляющее большинство крупных и средних водохранилищ Южной Америки относятся к категории глубоких и очень глубоких. Конфигурация и морфология водохранилищ довольно разнообразны, среди них есть долинные, озеровидные и водохранилища сложной формы, но преобладают (70% от общего числа) долинные и сложные по форме, преимущественно с обширными и глубокими заливами. Таковы большинство водохранилищ в бассейнах рек Параны (рис. 193), Амазонки, Сан-Франсиску, Рио-Гранди и др. Конфигурация, морфология и морфометрия определяют направленность ряда важных внутриводоемных процессов в водохранилищах и в определенной степени масштабы их взаимодействия с окружающей средой.

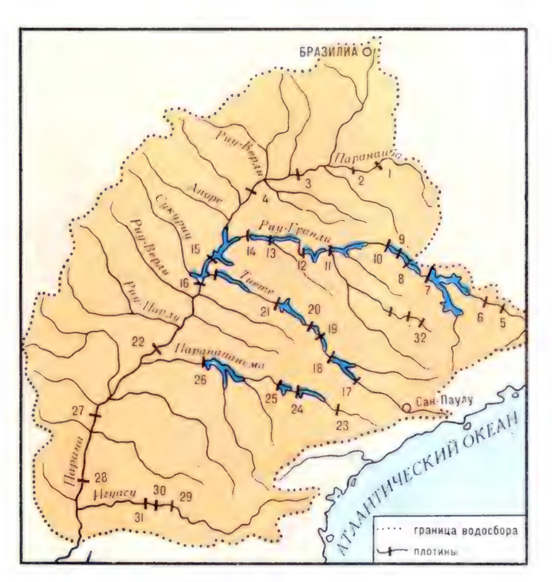
Сначала водохранилища создавались в интересах развития гидроэлектроэнергетики и ирригации. Южная Америка — единственный континент, на большей части которого гидроэнергетика занимает в настоящее время и в перспективе будет занимать ведущее положение в энергобалансе стран, в первую очередь Аргентины, Бразилии, Венесуэлы, Парагвая, Колумбии. В целом более половины электроэнергии, производимой в Южной Америке, вырабатывается на ГЭС, суммарная установленная мощность которых к началу 80-х годов составила около 100 млн. кВт, а среднегодовая выработка — около 300 млрд.

192. Размещение водохранилищ полным объемом более 1 куб. км в Южной Америке



193. Система гидроэнергетических водохранилищ в бассейне р. Парана в Бразилии


1 — Эмбаркакау; 2 — Итумбиара; 3 — Кашуэйра — Дорада; 4 — Сан-Симан; 5 — Камаргус; 6 — Итутинга; 7 — Фурнас; 8 — Эстрейту; 9 — Фейшоту; 10 — Жагуара. 11 — Волта-Гранди; 12 — Порту-Колумбия; 13 — Маримбонди; 14 — Агуа-Вермелья; 15 — Илья-Солтейра; 16 — Жупия; 17 — Барра-Бонита; 18 — Барири; 19 — Ибитинга; 20 — Промисан; 21 — Аваньяндава; 22 — Порту-Примавера; 23 — Сальто-Гранди; 24 — Журумирум; 25 — Шавантес; 26 — Капивара; 27 — Илья-Гранди; 28 — Итаипу; 29 — Фос-ду-Ария;



кВт· ч. Из 100 крупнейших ГЭС мира установленной мощностью каждая более 1 млн. кВт 25 находится в Южной Америке.

Все наиболее крупные водохранилища на континенте прежде всего используются в гидроэнергетических целях. Характерная черта — создание каскадов гидроэнергоузлов и водохранилищ в целях наиболее полного освоения гидроэнергопотенциала. Таковы каскады водохранилищ энергетического назначения на реках Парана (и ее притоках), Карони, Лимай, Сан-Франсиску. При этом освоение гидроэнергетических ресурсов бассейна р. Парана и создание водохранилищ проводится по двусторонним соглашениям, достигнутым по ряду объектов между Аргентиной и Парагваем, Бразилией и Парагваем.

В результате соглашений между Бразилией и Парагваем строится крупнейшая в мире ГЭС — Итаипу на р. Паране — проектной мощностью 12,8 млн. кВт с водохранилищем объемом 30 куб. км и площадью 1400 кв. км (рис. 194). Стоимость проекта — 14 млрд. долл., строительство займет 10 лет. Ожидается, что ввод в действие ГЭС Итаипу окажет огромное воздействие на развитие всех стран бассейна Ла-Платы. По соглашению между Парагваем и Бразилией каждой из стран будет принадлежать 50% мощности. В то время как Бразилия будет полностью потреблять принадлежащую ей долю, Парагвай предполагает стать крупнейшим экспортером электроэнергии.

Между отдельными странами по поводу создания гидроузлов и водохранилищ нередко возникают конфликтные ситуации. Именно такого рода конфликт возник, когда Бразилия отменила свое разрешение Аргентине строить ГЭС Корпус в 200 км ниже по течению от ГЭС Итаипу. Разногласия были вызваны решением Бразилии и Парагвая установить на ГЭС Итаипу 20 турбин вместо 18 предполагавшихся ранее и намерениями Аргентины поднять высоту плотины ГЭС Корпус на 5 м для увеличения полного объема водохранилища Корпус. Из-за этого ГЭС Итаипу теряла бы часть своего напора и, следовательно, мощности: при высоте плотины Корпус в 105 м — на 880 тыс. кВт, а при высоте 110 м — на 1370 тыс. кВт. При отметке НПУ 98,5 м, что устраивало бы Бразилию, ГЭС Корпус будет иметь мощность только 2,69 млн. кВт вместо 4,44 млн. кВт при НПУ 105 м. Таким образом, тот или иной напор на ГЭС Итаипу и Корпус в интересах разных стран означает уменьшение мощности той или другой ГЭС примерно в 1,5 млн. кВт.

Большое распространение в Южной Америке получило и ирригационное использование водохранилищ. Крупных и средних водохранилищ ирригационного назначения на континенте сравнительно немного, но зато имеется большое число малых и небольших ирригационных водохранилищ объемом 1—10 млн. куб. м.

Наибольшее распространение в Южной Америке получили водохранилища комплексного, ирригационно-энергетического назначения, в которых ведущая роль принадлежит гидроэнергетике. Таких водохранилищ около 70% общего их числа. Наиболее распространены подобные водохранилища в Аргентине и Бразилии. Из общего фонда орошаемых земель, оцениваемого в 10 млн. га, водами водохранилищ орошается не менее 3 млн. га. Благодаря их созданию обеспечиваются условия для производства значительной части (до 20%) сельскохозяйственной продукции на континенте.

Следующий важный и получающий все большее распространение вид использо-

30 — Сальту-Сантьягу,
31 — Сальту-Озориу,
32 — Каконди

194. Строительство крупнейшей гидроэлектростанции Итаипу на р. Парана с очень крупным водохранилищем (Бразилия)



вания водохранилищ — борьба с наводнениями, особенно в таких странах, как Аргентина, Боливия, Венесуэла, Колумбия, Чили. В Аргентине только в провинциях Буэнос-Айрес, Кордоба, Санта-Фе периодически затопляется до 25 млн. га земли, в Колумбии — около 7,5 млн., в Чили — 3,0 млн., в Венесуэле — 12 млн. га. В целом противопаводковый эффект водохранилищ Южной Америки может быть оценен величиной 10 млн. га.

Немаловажное значение водохранилища Южной Америки имеют для водоснабжения. Эта функция в перспективе будет стремительно возрастать. В целях водоснабжения на континенте используется около 100 водохранилищ, причем в сочетании с какой-либо другой функцией — ирригацией или энергетикой. Несмотря на большие запасы подземных вод, их питьевое, промышленное и сельскохозяйственное использование не получило широкого развития (не более 15 куб. км в год), и для водоснабжения широко используются поверхностные источники, однако уже и на Южно-Американском континенте начинает обозначаться грозная проблема загрязнения и истощения речных вод.

Остальные традиционные виды использования водохранилищ, такие, как водный транспорт, рыбное хозяйство, рекреация, имеют локальное значение.

В странах Южной Америки, как и в большинстве других стран мира, отчетливо прослеживается тенденция ко все более комплексному использованию водохранилищ. В качестве первоочередных направлений, по которым будет развиваться повышение этой комплексности, укажем на усиление их рыбохозяйственной и водоснабженческой функции. Помимо экстенсивного рыбохозяйственного использования водохранилищ все большее развитие полу

чает интенсивное выращивание рыбы в товарных хозяйствах, на фермах, в садках и т. п. Первые примеры такого подхода имеются на ряде водохранилищ Аргентины, Бразилии и Перу.

В целом можно отметить, что решение вопросов комплексного использования водохранилищ в Южной Америке, учитывая ее природно-хозяйственные особенности, и в первую очередь обеспеченность водными ресурсами, по-видимому, не будет носить столь драматического характера, как во многих регионах других континентов.

3. ВОДОХРАНИЛИЩА И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА

В связи с созданием водохранилищ в Южной Америке около 60 тыс. кв. км территории были превращены в акватории. В 1,6 раза увеличилась озерность территории. Коэффициент озерности некоторых районов Аргентины, Бразилии, Венесуэлы, Суринама, Перу возрос в 2—5 раз.

Поскольку данных, отражающих результаты специальных исследований, недостаточно, традиционное покомпонентное, последовательное рассмотрение изменений в окружающей среде, происшедших после создания водохранилищ в Южной Америке (климат, грунтовые воды, почвы, растительность и биота водоемов), не представляется возможным. Можно лишь повторить, что в целом крупные водохранилища оказывают воздействие на окружающую среду территорий по площади, сопоставимой с акваториями самих водохранилищ.

На большей части континента — в экваториальном, субэкваториальном, тропических и субтропических поясах — воздействие водохранилищ на климат выражено в меньшей степени, чем в районах с умеренным и континентальным климатом. Наиболее заметно оно сказывается в сухой сезон в небольшой по ширине зоне, простирающейся от уреза воды в глубь территории на десятки и сотни метров (для средних и крупных водохранилищ) и на несколько километров (для крупнейших водохранилищ). Во влажный сезон воздействие водохранилищ на микроклимат почти не выражено.

Наиболее существенно влияет зарегулирование стока водохранилищами на гидрологический цикл, что проявляется в уменьшении интенсивности водообмена в речных системах.

Единовременный запас речных вод в Южной Америке, составлявший до зарегулирования стока примерно 1000 куб. км, в результате создания водохранилищ увеличился почти в 2 раза. Возобновление речных вод теперь уменьшилось с 10 до 6 раз за год, иными словами, уменьшилась интенсивность водообмена. Наиболее зарегулирован речной сток в бассейне р. Параны, коэффициент зарегулированности здесь достигает 0,30.

Наименее зарегулирован сток в бассейне такого «гидрологического колосса», как Амазонка, где имеется пока только несколько водохранилищ в ее верховьях и на правых притоках. Среднемноголетний сток в зарегулированных речных бассейнах несколько снизился за счет дополнительных потерь воды на испарение с водохранилищ.

В последние годы большое внимание и оживленные дискуссии вызвало изменение сейсмической обстановки в районах создания крупных водохранилищ. Наиболее сейсмически активным районом Южной Америки считается восточная часть Бразилии; при заполнении таких крупных водохранилищ, как Трес-Мариас, Фурнас, Собрадиньо, наблюдалось повышение локальной сейсмической активности, проявлявшееся в увеличении числа подземных толчков.

Создание крупных водохранилищ в Южной Америке, как и всюду, связано с проявлением подтопления, заболачивания, ухудшением водно-физических свойств и плодородия почв на прилегающих территориях в полосе шириной до сотен и даже до тысячи и более метров.

Животный мир большей части территории изучен недостаточно, не говоря уже о его антропогенных изменениях, правда, за небольшими исключениями. В связи с созданием водохранилища Брокопондо в Суринаме о животном мире тропических дождевых лесов стало известно больше благодаря получившей большую известность специальной операции по спасению животных при наполнении этого водохранилища; она названа «Гвамба», что в переводе означает «жалость». Эта операция была прове-

дена группой энтузиастов при финансовой поддержке частных лиц и Международного общества защиты животных, ее возглавлял уже упоминавшийся выше Дж. Уолш. Он и его помощники, в основном местные индейцы-охотники, отловили и перевезли в безопасное место около 10 тыс. различных животных (Walsh, Cannon, 1967). В научном плане операция интересна тем, что раньше, т. е. до начала 60-х годов, не было даже ориентировочных данных о плотности различных видов животных в тропических лесах, занимающих почти половину континента. На территории 1500 кв. км оказались «прописанными» почти 3 тыс. ленивцев двух видов, по тысяче броненосцев, черепах, дикобразов, почти 700 ланей, много обезьян и других животных — всего 43 вида.

Приобретает крайне важное значение проблема изменения санитарно-эпидемической обстановки в районах водохранилищ в связи с появлением благоприятной среды для возбуждения таких опасных заболеваний, как малярия, тиф, туберкулез, шистосоматоз и т. д. Отдельные локальные случаи вспышки заболеваний регистрировались при создании нескольких водохранилищ. Однако некоторые авторы подчеркивают, что вспышки перечисленных выше болезней обусловлены «контактным фактором», когда на строительстве скапливается иногда до нескольких десятков тысяч рабочих, специалистов и членов их семей.

Помимо трансформации природной среды прилегающих территорий наблюдаются существенные изменения и внутриводоемных процессов — гидрологических, гидрофизико-химических и биологических. Исследования, проведенные в 8 водохранилищах (объемом от 144 млн. до 740 млн. куб. м, максимальной глубиной от 10 до 90 м и полным водообменом от одного месяца до двух лет) Южной Бразилии, показали, что они могут быть подразделены на два основных типа. К первому относятся так называемые мономиктические водохранилища, в которых резко выражено явление кислородной стратификации, т. е. расслоение водной толщи на два слоя с различными свойствами — эпилимнион и гиполимнион. В верхнем 3—5-метровом слое (эпилимнионе) вода содержит кислород в достаточном количестве, в нижнем же слое вплоть до дна (гиполимнионе) содержание кислорода падает до 10—30% насыщения, создается кислая анаэробная среда с большим количеством сероводорода. Понятно, что жизнь наблюдается только в эпилимнионе.

В полимиктических водохранилищах (проточных и не очень глубоких) вся масса воды насыщена кислородом, условий для создания температурной и кислородной стратификации нет. В таких водохранилищах максимум концентраций хлорофилла и первичной продукции достигается в теплый сезон дождей.

Водная среда некоторых водохранилищ в тропических районах Южной Америки оценивается экологами в большинстве случаев как неблагоприятная для гидробионтов. Вместе с тем отмечают высокую продуктивность многих других тропических водохранилищ, большое видовое разнообразие гидробионтов и очень сложную структуру водных экосистем. При заполнении водохранилищ в Южной Америке наблюдались те же три характерных этапа эволюции экосистем, что и для других районов земного шара, — вспышка, падение и постепенная стабилизация их продуктивности. Только здесь этот процесс происходит быстрее из-за более активных обмена и трансформации вещества вследствие более высокого энергетического баланса.

Значительное ухудшение качества воды и осложнения в эксплуатации водохранилищ вызвали бурное развитие водного гиацинта, называемого иногда «голубой чумой». За 10 дней несколько растений, разрастаясь, могут занять площадь в десятки и сотни квадратных метров при биомассе на 1 га до 500—600 ц. За три года (с 1964 по 1967 г.) водный гиацинт занял 41% акватории водохранилища Брокопондо. Другая особенность гиацинта — увеличение втрое потерь воды на испарение (эвапотранспирация через листья).

Существующие методы борьбы: ручная и механическая очистка, химические и биологические методы (в разных условиях дают различные результаты).

На водохранилище Брокопондо от гиацинта удалось избавиться лишь в результате применения хлорорганического пестицида типа ДДТ, который был дважды внесен в водохранилище с помощью авиации. Густые заросли водного гиацинта служат препятствием даже для плавания судов (Leentvaar, 1973). Вполне вероятно, что в ближайшее десятилетие водный гиацинт из категории «бедствие» может быть переведен в категорию «благо», поскольку во многих странах Азии, Африки и Южной Америки активно разрабатываются способы использования биомассы гиацинта для получения кормов, удобрений, органического топлива, а также для очистки сточных вод (используя его способность поглощать содержащиеся в воде вещества).

Не только окружающая среда нуждается в охране от водохранилищ, но и сами водохранилища требуют проведения охранных мероприятий. В индустриальных районах Аргентины, Бразилии, Венесуэлы, Перу вокруг водохранилищ создаются лесозащитные зоны.

4. ВОДОХРАНИЛИЩА ОТДЕЛЬНЫХ СТРАН

Венесуэла. На территории страны горы Сьерра-де-Периха, Кордильера-де-Мерида и Гвианское плоскогорье чередуются с низменностями, самая крупная из которых — Ориноко. Климат экваториальный. Четко выражен сухой и влажный сезоны примерно равной продолжительности. Неравномерность и нерегулярность выпадения осадков по территории проявляется достаточно отчетливо — от 2000—3000 мм в южной части и на северо-западе до 300—600 мм в год на крайнем севере страны. Но даже и при среднегодовой сумме осадков в 1200 мм возникает необходимость орошения сельскохозяйственных угодий. Не менее актуальна борьба с наводнениями, которым в стране постоянно подвержены нижнее течение Ориноко, район оз. Маракайбо, горный район Иланос (свыше 8 млн. га).

Правые притоки р. Ориноко (Карони, Каура, Вентуари и др.) порожисты и богаты гидроэнергией; есть пороги и на Ориноко. Большинство остальных крупных рек — Мета, Араука, Апуре и другие — равнинные, за исключением истоков. Имеется много коротких горных рек. Режим стока неравномерен.

Несколько малых водохранилищ было создано в стране до второй мировой войны для водоснабжения и орошения земель; эксплуатировались также несколько ГЭС с очень малыми водохранилищами суточного регулирования. Они послужили первоначальным звеном деятельности двух ведущих государственных энергетических компаний страны, которые впоследствии начали использование гидроэнергоресурсов р. Карони и других рек.

Создание водохранилищ с 50-х годов приобретает большой размах и носит постоянный характер. В середине 60-х годов на р. Карони началось заполнение самого крупного (в перспективе) в Южной Америке водохранилища Гури, входящего в десятку крупнейших водохранилищ мира.

Общее число водохранилищ достигло 70, из них только 16 имеют объем более 100 млн. куб. м и 4 водохранилища — объем более 1 куб. км. Большинство водохранилищ используется комплексно в интересах водоснабжения, ирригации и борьбы с наводнениями.

С созданием водохранилища Гури на р. Карони, притоке Ориноко, одновременно вступила в строй первая очередь ГЭС мощностью 524 МВт. В период 1967—1978 гг. продолжалось дальнейшее развитие гидроэнергетического комплекса Гури. Окончательная мощность ГЭС должна составить около 10 млн. кВт. Реализация проекта намечается к концу столетия. Для того чтобы его осуществить, необходимо увеличить высоту плотины со 110 до 162 м, а полный объем водохранилища — с 17,7 до 140 куб. км, полезный объем — до 55 куб. км; при этом площадь водохранилища по сравнению с начальным этапом 1967 г. должна увеличиться с 800 до 4250 кв. км. Другие крупные водохранилища страны — Вуэльгоса в гидроэнергетической системе Ирибанте — Канара (с суммарным объемом трех водохранилищ 5,6 куб. км), Гуарико (1,8 куб. км), Камагуа (1,2 куб. км), Агуа-Вива (1,7 куб. км).

Колумбия отличается расчлененностью рельефа, что обусловлено раз-

делением Южноамериканских Кордильер на три хребта — Западный, Центральный и Восточный, меж которых глубоко врезаны долины рек Магдалена и Каука. Три четверти площади этой страны занимают плато и низменности в бассейнах Амазонки и Ориноко и вдоль побережий Тихого океана и Карибского моря. Климат экваториальный и субэкваториальный, поэтому большая часть территории хорошо обеспечена осадками; на Тихоокеанском побережье их выпадает даже до 10 000 мм, но на крайнем северо-востоке и в некоторых горных долинах их менее 500 мм. Многоводные реки исключительно богаты гидроэнергоресурсами.

Асинхронность распределения внутригодового стока в разных речных бассейнах страны, т. е. несовпадение по времени паводков и меженных периодов, благоприятствует надежному энергоснабжению страны за счет гидроресурсов — гидростанции на разных реках дополняют друг друга.

Все водохранилища, за исключением одного, созданы после второй мировой войны.

Развитие гидроэнергетики за последнее десятилетие привело к увеличению числа водохранилищ почти в 2 раза, а полного суммарного объема — в 10 раз. Суммарная установленная мощность ГЭС достигла к середине 80-х годов 9 млн. кВт, а две колумбийские гидростанции: Патиа (1,5 млн. кВт) на одноименной реке и Чивор (1,2 млн. кВт) на р. Бата вошли в 100 наиболее мощных ГЭС мира.

Кроме гидроэнергетики для Колумбии представляют большую актуальность и ирригация (в отдельных районах), и борьба с наводнениями, и развитие речного судоходства, и водоснабжение городов.

В настоящее время создано и подготавливается 15 водохранилищ емкостью более 100 млн. куб. м каждое, суммарным полным объемом 12 куб. км. Почти все они созданы после 1960 г. Наиболее крупные водохранилища находятся на реках Гуавьяре (подготавливаемое водохранилище Гуавио, объем — 1,0 куб. км), Магдалена (Бетания, 3,0 куб. км), Каука (Сальвахина, 1,2 куб. км), Нар (Гуатапе, 1,2 куб. км). Водохранилище Сальвахина устранило опасность наводнений, позволило оросить около 1 млн. га плодородных земель в долине реки, имеет энергетическое значение (мощность ГЭС — 210 МВт).

Важное значение приобрело водохранилище Гуатапе с высоконапорной ГЭС (напор более 800 м, мощность — 1 млн. кВт) для электроснабжения городов Богота, Медельин, Кали. В 1983 г. начаты работы по созданию ГЭС Гуавио в 80 км от Боготы в целях улучшения электроснабжения столицы Колумбии. Наливное водохранилище будет принимать через два туннеля длиной 2 км часть стока рек Бататас и Чивор.

Предполагается строительство самого большого по объему (29 куб. км) и по площади (600 кв. км) водохранилища Урра-II на р. Сину. При его создании в зоне затопления окажутся дождевые тропические леса на площади 550 кв. км. Это водохранилище также будет использоваться комплексно — в интересах энергетики, ирригации, борьбы с наводнениями, рыболовства и рекреации.

Эквадор. Орография страны примерно такая же, как и в Перу, но притихоокеанская низменность разделена хребтом Манави, а на востоке в пределы Эквадора входят предгорные плато. Климат экваториальный, растительность — от влажных тропических лесов до полупустынь, осадки — от 100 мм на юге до 6000 мм на востоке. Короткие реки многоводны и порожисты.

В стране эксплуатируется 5 водохранилищ суммарным объемом около 1 куб. км, причем три из них (Амалуса, Мачар и Спладора) входят в гидроэнергетический каскад, создаваемый на р. Паути и ее притоках.

В 1982 г. начаты подготовительные работы по строительству комплексного гидроузла Дауле-Перипа на р. Перипа с водохранилищем комплексного назначения объемом 6 куб. км, обеспечивающим выработку электроэнергии (мощность ГЭС — 130 МВт), нужды ирригации (50 тыс. га), а также для борьбы с наводнениями, для питьевого и промышленного водоснабжения. В интересах водоснабжения будут осуществляться специальные попуски из водохранилища для регулирования солености воды в р. Дауле (на ее устьевом участке), которая рез-

увеличивается в отдельные периоды в связи с проникновением соленых морских вод в реку.

Перу. По своим природным условиям и рельефу резко выделяются три района: береговые равнины, Андийский горный пояс и Амазонская низменность с предгорными равнинами. В Перу начинаются реки Укаяли и Мараньон, слияние которых дает начало величайшей реке мира — Амазонке.

В стране насчитывается 50 водохранилищ суммарным объемом около 4,5 куб. км, в том числе 10 объемом более 100 млн. куб. м каждое. Все они используются для ирригации, и примерно 10 из них — для гидроэнергетики. Большинство водохранилищ Перу по своим параметрам небольшие, по объему — десятые доли кубических километров, а по площади — один-два десятка квадратных километров. Самое крупное водохранилище — Поэчос на р. Чира полным объемом 1,2 куб. км, полезным — 0,8 куб. км. Разработаны схемы гидроэнергетического использования рек Мараньон (19 ГЭС и водохранилищ) и Уальяга (13 ГЭС и водохранилищ). До конца столетия намечается построить специальные водохранилища в составе сооружений и объектов для переброски стока рек из водообеспеченных восточных районов на тихоокеанский склон.

В Боливии есть несколько маленьких водохранилищ объемом 1—10 млн. куб. м, которые не имеют существенного значения, кроме энергетического высокогорного (отметка НПУ — 3,3 тыс. м) водохранилища Корани объемом 0,12 куб. км с ГЭС мощностью 27 МВт.

Чили. На севере страны, где находится известная, самая безводная пустыня мира Атакама, по нескольку лет не выпадает ни капли влаги. В средней части Чили субтропический полупустынный климат на севере (с осадками за год 350 мм) и влажный субтропический на юге (1500—2000 мм осадков). В умеренном поясе на юге Чили климат прохладный и очень влажный, с годовым количеством осадков от 2500 до 7000 мм на западных, наветренных склонах Анд.

С тихоокеанского склона Анд стекают лишь короткие реки. Наиболее важны реки средней части Чили (среди них немало с постоянным течением), образующие в горах большие водопады и имеющие огромные запасы гидроэнергоресурсов, которые оцениваются в 27 млн. кВт. Реки здесь широко используются и для орошения. Реки Южного Чили коротки, полноводны, с бурными паводками, но протекают практически по безлюдным районам и хозяйственного значения пока не имеют.

Почти все 60 водохранилищ Чили — горные, расположены в средней части страны и используются для ирригации и частично энергетики. Более половины электроэнергии вырабатывают гидростанции. Большинство водохранилищ созданы до 1970 г., их суммарный объем около 10 куб. км. На долю 15 водохранилищ объемом свыше 100 млн. куб. м приходится 9 куб. км. Из них только три выделяются своими параметрами — озеро-водохранилище Лаго-Лаха с регулируемым объемом 4 куб. км и площадью около 60 кв. км, Лагуна-дель-Мауле (1,57 куб. км) на р. Мауле (площадь — 26 кв. км, средняя глубина — 54 м) и Рапель (объем — 0,7 куб. км, площадь — 80 кв. км).

Аргентина расположена в трех климатических поясах — тропическом, субтропическом и умеренном. Количество осадков неравномерно — от менее 100 мм в Пуне и 100—300 мм в Патагонии до 1000—1500 мм в Гран-Чако и на востоке Пампы и до 1500— 3000 мм в год в Андах. По строению рельефа очень четко выделяются равнинный восток и горный запад страны.

Главные наиболее полноводные и судоходные реки — Парана, Парагвай и Уругвай — протекают на северо-востоке. Берущие начало в Андах и пересекающие Патагонию с запада на восток реки Рио-Негро, Рио-Колорадо, Чубут, Санта-Крус и др. обладают большими запасами гидроэнергии. Внутренние водные пути играют большую роль в перевозке грузов, главным образом по рекам Парана и Уругвай.

Потребности страны в развитии гидроэнергетики и ирригации (орошается не более 3—5% от общей площади, нуждающейся в орошении) обусловили создание довольно значительного числа водохранилищ. По масштабам и темпам создания искусственных водоемов на

Южно-Американском континенте Аргентина уступает лишь Бразилии.

На 1.I.1984 г. в Аргентине эксплуатировалось и строилось около 30 водохранилищ объемом более 100 млн. куб. м каждое. Первым было построено, по данным Мирового регистра плотин, водохранилище Сан-Роке на р. Примеро в провинции Кордова (1888 г., объем — 12 млн. куб. м); следующее введено в эксплуатацию только в 1923 г. (Ла-Кьенага, 26 млн. куб. м), в предвоенные годы и в период второй мировой войны было сооружено несколько средних водохранилищ (Терсеро-1 — 0,56 куб. км, Крус-дель-Эхе — 0,13 куб. км, Ла-Винья — 0,23 куб. км и др.). Большинство водохранилищ, в том числе все крупные, созданы после 1970 г.

К категории очень крупных относится 3, к крупным — 6, к средним — 23 водохранилища. Число небольших и малых водохранилищ (объемом 1—100 млн. куб. м) сравнительно невелико и экспертно может быть оценено величиной порядка 40—60. Таким образом, общее число водохранилищ приближается к 100. Суммарный полный объем эксплуатируемых и строящихся водохранилищ объемом свыше 100 млн. куб. м составляет около 113 куб. км, расчетный полезный объем не превышает 35 куб. км. Суммарная площадь водного зеркала равна примерно 6 тыс. кв. км (0,02% территории), причем на 7 водохранилищ, площадью более 100 кв. км каждое, приходится 78% суммарной площади водного зеркала водохранилищ страны.

В тропическом климатическом поясе расположено 30%, в субтропическом — 50 и умеренном — 20% числа эксплуатируемых к 1980 г. средних и больших водохранилищ. Наибольшее число из них создано в бассейнах рек Парана (30) и Рио-Негро (8).

Более 60% водохранилищ используется комплексно. Ведущие участники водохозяйственных комплексов — гидроэнергетика (90% общего числа водохранилищ), ирригация (80%), водоснабжение (16%), аккумуляция воды в разных целях (60%). Аргентина — одна из немногих южноамериканских стран, где проектами предусматривалось использование четырех водохранилищ в целях рекреации. Преобладает смешанное гидроэнерго-ирригационное использование водохранилищ.

Гидроэнергетическое значение водохранилищ особенно возросло после 1970 г., когда были построены крупные гидроэнергоузлы с водохранилищами Аликура, Эль-Чокон и Сальто-Гранде. Доля гидроэнергетики в общем производстве электроэнергии превысила 50%. После ввода в строй (по проекту — в 1985 г.) гидроэнергетического комплекса Ясирета с основным и контррегулирующим водохранилищами и двумя гидростанциями общей мощностью 6,75 млн. кВт доля гидроэнергетики в общем электробалансе достигнет 65%.

С помощью водохранилищ орошается около 2 млн. га земель (примерно $^{2}/_{3}$ всего орошаемого фонда) и защищается от разрушительных наводнений не менее 5 млн. га.

Далее кратко характеризуются наиболее крупные водохранилища Аргентины.

В 1967 г. для использования гидроэнергетических ресурсов рек Неукен и Лимай (при слиянии образуют р. Рио-Негро) была создана государственная компания «Гидронор». В 1969—1977 гг. на р. Лимай построена гидростанция Эль-Чокон с водохранилищем сезонного регулирования полным объемом 20,2 куб. км и полезным — 2,4 куб. км. Это наиболее крупное по площади (825 кв. км) водохранилище Аргентины. Оно используется в целях гидроэнергетики, ирригации, борьбы с наводнениями. ГЭС Эль-Чокон (мощность — 1,2 млн. кВт, среднегодовая выработка — 5 млрд. кВт · ч) имеет большое значение для страны. Не менее значительна роль водохранилища для орошения 500 тыс. га земель, величины, рекордной для водохранилищ Южной Америки.

Интересна идея использования гидроэнергетического потенциала р. Неукен, которая была реализована при создании наливного водохранилища Серрос-Колорадос, самого крупного по объему (43,4 куб. км) в Аргентине. Водохранилище площадью 607 кв. км создано заполнением двух естественных котловин, лежащих ниже уровня реки, соединенных между собой каналом. Благодаря разнице в уровнях вода по двум туннелям подается на две турбины общей мощностью 450 тыс. кВт.

В 1979 г. совместно с Уругваем построена ГЭС Сальто-Гранде (1,9 млн. кВт) с водохранилищем объемом 5 куб. км, площадью 783 кв. км на р. Уругвай. Водохранилище дает возможность дополнительно оросить 36 тыс. га земель и обеспечить гарантированное судоходство на протяжении 450 км от эстуария Ла-Платы до Сан-Педру и Риу-Гранди в Бразилии. Для экономики обеих стран этот гидроэнергетический комплекс имеет важное значение: в Аргентине район, использующий энергию Сальто-Гранде, охватывает территорию, на которой сосредоточено 80% промышленного и сельскохозяйственного потенциала страны; Уругвай экспортирует электроэнергию. Ежегодный экономический эффект для каждой из стран оценивается в 200 млн. долл. Плотина Сальто-Гранде и прилегающий к ней район водохранилища привлекают много туристов. Только в период сооружения комплекса его посетили свыше 1 млн. человек.

В 1979 г. между Аргентиной и Парагваем был подписан договор об условиях совместной эксплуатации ГЭС Ясирета, создаваемой на р. Паране. По этому договору Аргентина должна выплатить Парагваю компенсацию за 850 кв. км его территории, которая будет затоплена при создании водохранилища, общая площадь его достигнет, по разным данным, 14 тыс. — 17 тыс. кв. км. Площадь изымаемых земель превысит 1 тыс. кв. км, более 500 кв. км составят русла рек. Объем водохранилища — 16,9 куб. км, оно будет осуществлять сезонное регулирование стока. В комплексе с этим водохранилищем ниже по течению создается другое, контррегулирующее водохранилище объемом 2,2 куб. км, площадью 800 кв. км.

Общая годовая выработка электроэнергии гидроэнергетического комплекса Ясирета предположительно составит 18 млрд. кВт · ч; это примерно половина всей электроэнергии, производимой Аргентиной к началу 80-х годов. Кроме того, на базе контррегулирующего водохранилища предполагается орошать 6 тыс. га земель в Аргентине и 21 тыс. га в Парагвае.

П а р а г в а й. Большая часть страны достаточно обеспечена водными ресурсами. Примерно треть территории переувлажнена, заболочена, и хозяйственное ее использование невозможно без осушительных мелиораций. На р. Парана, которая на части своего течения служит границей Парагвая с Аргентиной, имеется несколько крупных водохранилищ, описанных выше. «Своих» водохранилищ в Парагвае не более десяти: это небольшие водоемы, самый крупный из них — Акарай на р. Акарай, притоке Параны, — имеет объем 0,25 куб. км и используется для энергетики; здесь же на р. Игуасу завершается создание водохранилища объемом 3,6 куб. км. С сооружением ГЭС Итаипу и Ясирета Парагвай, имеющий право на половину их выработки, станет крупнейшим в мире экспортером электроэнергии и будет иметь постоянный и значительный для такой небольшой страны источник поступления валюты (ежегодно до 1 млрд. долл.).

У р у г в а й. Имеются два сравнительно крупных для такой небольшой страны водохранилища энергетического назначения. Первое из них — Рио-Негро (или Ринкон-дель-Бонете), созданное в 1946 г. на р. Рио-Негро; его полный объем — 6,7 куб. км, площадь — 1140 кв. км, длина — 140 км, максимальная ширина — 15 км, средняя глубина — 26 м. Второе — Байгоррия, сооруженное в 75 км ниже по течению, имеет объем 0,57 куб. км, площадь — 150 кв. км, длину 50 км и максимальную ширину 5 км. Оно помимо выработки электроэнергии обеспечивает контррегулирование сбросных расходов из вышележащего водохранилища Рио-Негро. Согласованная работа двух ступеней гидроэнергокомплекса на р. Рио-Негро дает большой эффект, так как производимая энергия — основа национальной энергетики Уругвая (более половины всей электроэнергии страны). На пограничном с Аргентиной участке р. Уругвай сооружена ГЭС Сальто-Гранде с водохранилищем полным объемом 5 куб. км и площадью 570 кв. км. Предполагается создание еще одного водохранилища на р. Рио-Негро объемом 2,85 куб. км.

Б р а з и л и я. Занимает почти половину территории континента, обладает наиболее значительным фондом водохранилищ в Латинской Америке и входит в пятерку самых «водохранилищных» стран мира.

Северная часть страны находится в экваториальной климатической зоне, а центральная и южная часть — в тропической и субтропической зонах. Количество осадков в большинстве районов Бразилии превышает 1000 мм. Однако режим осадков очень неблагоприятен, например на Бразильском плоскогорье 90% осадков выпадает в виде бурных ливней в летнюю половину года. Особой межгодовой и внутригодовой неравномерностью осадков отличается северо-восточная часть Бразильского плоскогорья, называемая «районом засух и бедствий». Здесь каждый второй год характеризуется экстремальными условиями: или засухой или наводнениями.

По территории страны протекает крупнейшая на земном шаре по водности и площади водосбора р. Амазонка (площадь водосбора — 6,9 млн. кв. км и объем стока — 6930 куб. км, т. е. 17% мирового речного стока, длина вместе с р. Мараньон — 6,4 тыс. км). Речная система во многом загадочна и мало изучена. Максимальный расход Амазонки в устье превышает 350 тыс. куб. м/с. Влияние великой реки ощущается в Атлантическом океане до 300 км от устья, а морские приливы проникают вверх по реке на 1400 км. Произрастающие в бассейне Амазонки тропические дождевые леса имеют планетарное экологическое значение. Это мировая фотосинтезирующая фабрика, поставляющая в атмосферу Земли, по некоторым оценкам, почти пятую часть всего кислорода.

Все реки Бразильского плоскогорья, за исключением его самых южных районов, имеют очень резкие колебания расходов воды, бурные паводки, изобилуют порогами и водопадами, обладают крупными запасами гидроэнергии. Речная сеть очень развитая и густая. Помимо Амазонки и ее крупных притоков судоходны на больших участках реки Парана, Паранаиба, Сан-Франсиску, Риу-Гранди. Общая длина судоходных путей превышает 30 тыс. км, однако водный транспорт имеет местное значение, поскольку основные водные пути расположены вдали от экономически развитых районов.

Весь экономический потенциал и население страны сосредоточены на 20% территории, в восточной части страны, приуроченной к Бразильскому плоскогорью.

Решение задач промышленного и хозяйственного развития Бразилии было бы невозможно без крупномасштабных гидротехнических работ.

Первым, согласно данным Мирового регистра плотин, в Бразилии сооружено в 1901 г. малое водохранилище Эдгард-ду-Соуза вблизи Сан-Паулу (в 1959 г. его объем увеличили до 30 млн. куб. м); первое среднее по объему водохранилище — Седру-1 на р. Сития (130 млн. куб. м) — создано в 1906 г. В последующие десятилетия (до 1960 г., когда заполнилось очень крупное водохранилище Тресс-Мариас на р. Сан-Франсиску объемом 19 куб. км) создавались небольшие, средние и крупные водохранилища в разнообразных целях — для гидроэнергетики, ирригации, борьбы с наводнениями. После 1960 г. было создано большинство водохранилищ, их полный объем составил 95% современного суммарного объема. В 60-х годах резко возросло гидроэнергетическое строительство и соответственно количество водохранилищ гидроэнергетического назначения.

В 1983 г. в общем электробалансе страны на долю гидроэнергетики приходилось более 90% выработки энергии страны. Экономический гидроэнергетический потенциал оценивается в 519 млрд. кВт · ч (пятое место в мире после СССР, США, Канады и Китая). К 1979 г. в Бразилии было освоено 13%, а к 2000 г. предполагается освоить 23% экономического гидроэнергопотенциала. Начиная с 50-х годов производство электроэнергии на ГЭС удваивается примерно каждые 10—12 лет, и этот высокий темп, судя по все новым проектам гидростанций, будет поддерживаться до конца столетия (Эрлихман, 1983). В 1977 г. в список ста крупнейших ГЭС мира входило 14 бразильских гидростанций. Только в СССР и США было больше таких гидроэнергоузлов.

Все крупные, большинство средних и небольших водохранилищ (78%) сооружены в целях гидроэнергетики. В интересах ирригации построены в основном небольшие водохранилища (25% общего количества), для водоснабжения используются 20% водохранилищ. Водохранилища комплексного назначения

составляют только 13% общего числа, т. е. пока преобладает отраслевое их использование.

Согласно данным Мирового регистра плотин, в Бразилии к 1982 г. было построено и находилось в стадии строительства 526 плотин; ведется проектирование еще 110 плотин высотой 15 м и выше, что позволяет считать, что в стране уже имеется по крайней мере 500 водохранилищ объемом более 1 млн. куб. м, из них не менее ста — объемом свыше 100 млн. куб. м (20% общего числа и 94% суммарного полного объема). К 2000 г. предполагается создать не менее ста новых водохранилищ, каждое объемом, превышающим 100 млн. куб. м.

Ряд водохранилищ эффективно используется специально для борьбы с наводнениями. Например, г. Ресифи, расположенный на берегу р. Капибарива, постоянно подвергался наводнениям в дождливый сезон. В 1975 г. вследствие интенсивных ливней была затоплена территория города в 51 кв. км, во многих местах уровень воды поднялся на 3 м и более. Чтобы покончить с угрозой наводнений, в 1979 г. было завершено создание трех плотин, образовавших три противопаводковых водохранилища на р. Капибариба и двух ее притоках. Теперь жители называют Ресифи «городом без страха».

За последнее десятилетие полный объем водохранилищ увеличился почти вдвое. Учитывая объем многочисленных небольших водохранилищ, можно полагать, что их полный суммарный объем превышает 500 куб. км. Суммарная площадь акваторий водохранилищ составляет почти 40 тыс. кв. км, прирост этой площади за последнее десятилетие — около 25 тыс. кв. км. Подобных темпов роста параметров водохранилищ за последнее десятилетие не наблюдалось ни в одной стране мира.

Размещение водохранилищ по климатическим зонам характеризуется следующими данными: в субэкваториальной создано 30%, в тропической — 50 и субтропической — 20% водохранилищ. Подавляющее большинство водохранилищ (90%) сосредоточено на территории штатов Риу-Гранди-ду-Сул, Санта-Катарина, Парана, Сан-Паулу, Минас-Жерайс, Байя, Пернамбуку, Параиба и Сеара, образующих вдоль Атлантического побережья промышленный пояс страны. Наиболее интенсивное строительство водохранилищ развернулось на р. Паране и ее притоках и реках, впадающих севернее в Атлантический океан, Гурупи, Паранаиба, Сан-Франсиску, Кагуарибе, Парагуасу, Рибейра, Жупия, Жакуи и др.

Особенно большой интерес представляет система водохранилищ в бассейне р. Параны. Эта система — одна из крупнейших в мире по показателям числа, объема и площади водохранилищ (более 30 только средних и крупных водохранилищ суммарным объемом 206 куб. км).

Площадь бассейна Ла-Платы, в которую входит и бассейн р. Параны, равна 3,1 млн. кв. км. Бассейн Ла-Платы — наиболее развитый хозяйственно-экономический регион Южной Америки, он дает почти половину промышленной и сельскохозяйственной продукции, производимой на континенте.

Как и во многих странах, в Бразилии в последнее десятилетие заметна эволюция взглядов на проблемы создания, использования и охраны водохранилищ.

Вплоть до последнего времени к водохранилищам относились как к неизбежным и обременительным последствиям гидроэнергостроительства. В связи со стремлением энергокомпаний получать максимальные прибыли на подготовку водохранилищ выделяли очень мало средств, что существенно осложняло их комплексное использование.

К концу 70-х годов в Бразилии четко выразилось стремление к многоцелевому использованию водохранилищ. Это заметно даже на крупных водохранилищах бассейна р. Параны. Наиболее важное значение помимо энергетического использования водохранилищ в этом регионе придается теперь их рыбохозяйственному использованию; ихтиофауна начинает рассматриваться во многих экваториальных и тропических странах как значительный источник высококачественного белка.

Объективная необходимость в заблаговременном планировании многоцелевого использования гидроузлов и водохранилищ и мероприятий по охране окружающей среды обусловила учреждение в 1979 г. в Бразилии специального комитета по координации развития вод-

ных ресурсов. Этот комитет рассматривает специфические проблемы при создании каждого нового гидроузла и водохранилища и определяет возможности их комплексного использования с учетом влияния на окружающую среду. Соответственно меняется и методология проектирования, которое признано теперь целесообразным осуществлять в три стадии. На первой составляется общий ситуационный обзор, на второй проводятся количественные и качественные оценки воздействия будущих сооружений на различные стороны хозяйственной деятельности и на окружающую среду, на заключительном, третьем этапе осуществляется собственно техническое проектирование, в составе которого разрабатываются конкретные мероприятия для увеличения полезных и уменьшения негативных последствий. Таким образом, в настоящее время осознана необходимость развития и осуществления максимально более полного комплексного подхода к системе «гидроузел — водохранилище».

Как и в других странах, к положительным результатам создания водохранилищ в Бразилии относятся резкое увеличение производства электроэнергии (удвоение каждые 10—12 лет), развитие ирригации (около 2 млн. га), регулирование внутригодового режима стока для защиты территорий от наводнений (примерно 4 млн. га). К отрицательным относятся затопление сельскохозяйственных угодий (200 тыс. га), населенных пунктов (переселено 350 тыс. чел.), месторождений полезных ископаемых, дорог (800 км), археологических памятников; абразия берегов, изменение санитарно-гигиенической обстановки, нарушение локальных сейсмических условий, изменение ихтиофауны. Приведенные в скобках цифры получены авторами на основе анализа довольно разрозненных, несистематизированных данных из разных источников, поэтому их следует рассматривать лишь как первое приближение к комплексной оценке масштабов последствий создания водохранилищ и плотин в Бразилии.

При использовании принципов системного планирования указанные неблагоприятные последствия, без сомнения, могли бы быть существенно снижены. Об этом свидетельствует опыт проектирования и строительства введенных в эксплуатацию в последние годы или сооружаемых гидростанций Собрадинью, Тукуруи, Агуа-Вермелья и Итаипу с заблаговременным изучением наиболее вероятных экологических и экономических последствий.

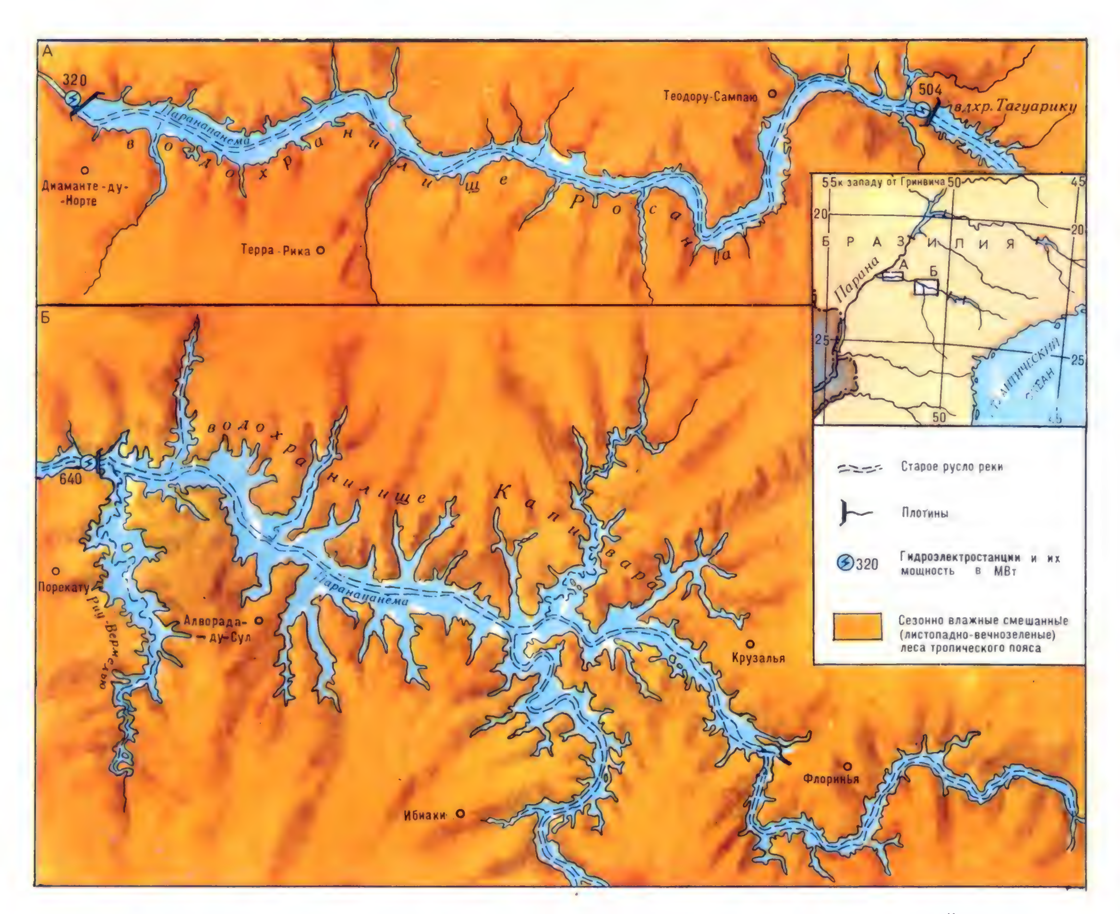
В то же время создание многочисленных небольших и средних водохранилищ в северо-восточных районах Бразилии, предназначенных для рыбоводства и ирригации, оказало в основном благотворное влияние на окружающую среду, было полезным и эффективным для улучшения социальных условий жизни населения.

Одна из наиболее сложных проблем, связанных с подготовкой водохранилищ, — выкуп частных хозяйств, попадающих в зону затопления. По данным L. Nogueira (1978), при подготовке водохранилищ гидростанций Жупия, Ибитинга, Капивара (рис. 195), Промиссан (рис. 196), Илья-Солтейра было выкуплено около 5 тыс. частных хозяйств, в том числе 865 на основе судебных решений. Наиболее сложным и дорогим оказалось переселение из зоны затопления жителей городов и поселков; так, например, в зону затопления водохранилища Собрадинью попали четыре города (Каса-Нова, Палам-Аркаду, Ремансу и Санте-Се) и 10 поселков с общим населением 70 тыс. человек.

При переселении жителей в связи с заполнением водохранилища Боа-Эсперанса власти столкнулись с тем, что для части населения переселение означало потерю источников существования, которое ранее было связано с примитивным рыболовством и земледелием на берегах реки. На побережье и акватории водохранилища прежние навыки примитивного хозяйствования оказались неприменимыми из-за плохих почв и отсутствия необходимых судов и орудий лова. Поэтому, учитывая сложности, возникшие при подготовке водохранилища Боа-Эсперанса, в проекте Собрадинью уже предусматривалась для переселенцев организация рабочих мест в промышленном рыболовстве, поливном земледелии и лесном хозяйстве.

Усиление водной эрозии (в связи с быстрыми темпами вырубки лесов во

195. Схемы сильно различающихся по конфигурации водохранилищ Капивара и Росана на р. Паранапанесиа в Бразилии



многих районах Бразилии) и другие хозяйственные мероприятия значительно увеличили поступление в речные системы и водохранилища ядохимикатов (хлорорганических пестицидов), токсических соединений тяжелых металлов, а также биогенов, которые, как известно, способствуют евтрофированию водохранилищ. Учитывая возрастающее комплексное значение водохранилищ в Бразилии, расширяются масштабы исследований по анализу и оценке физических, химических и биологических условий в измененных речных системах, а также социально-экономических аспектов при проектировании, создании и использовании водохранилищ, в том числе:

— учет межнациональных интересов, поскольку многие участки южноамериканских рек — пограничные;

— стремление к достижению компромиссов между интересами государственных и частных компаний и фирм;

— развертывание исследований на междисциплинарной основе;

— исследование взаимодействия различных природных и техногенных объектов, систем и подсистем;

— стремление к унификации методов анализов, наблюдений и измерений, к постоянному обмену комплексной информацией, к пространственной и временной координации наблюдений на всех водохранилищах данной речной системы.

Таким образом, эволюция взглядов на вопросы создания, использования и охраны водохранилищ в Бразилии привела к развитию хотя и различных по своим масштабам и содержанию программ исследований, но аналогичных по направленности тем, которые проводятся во многих странах мира.

Кратко охарактеризуем ряд крупнейших водохранилищ Бразилии.

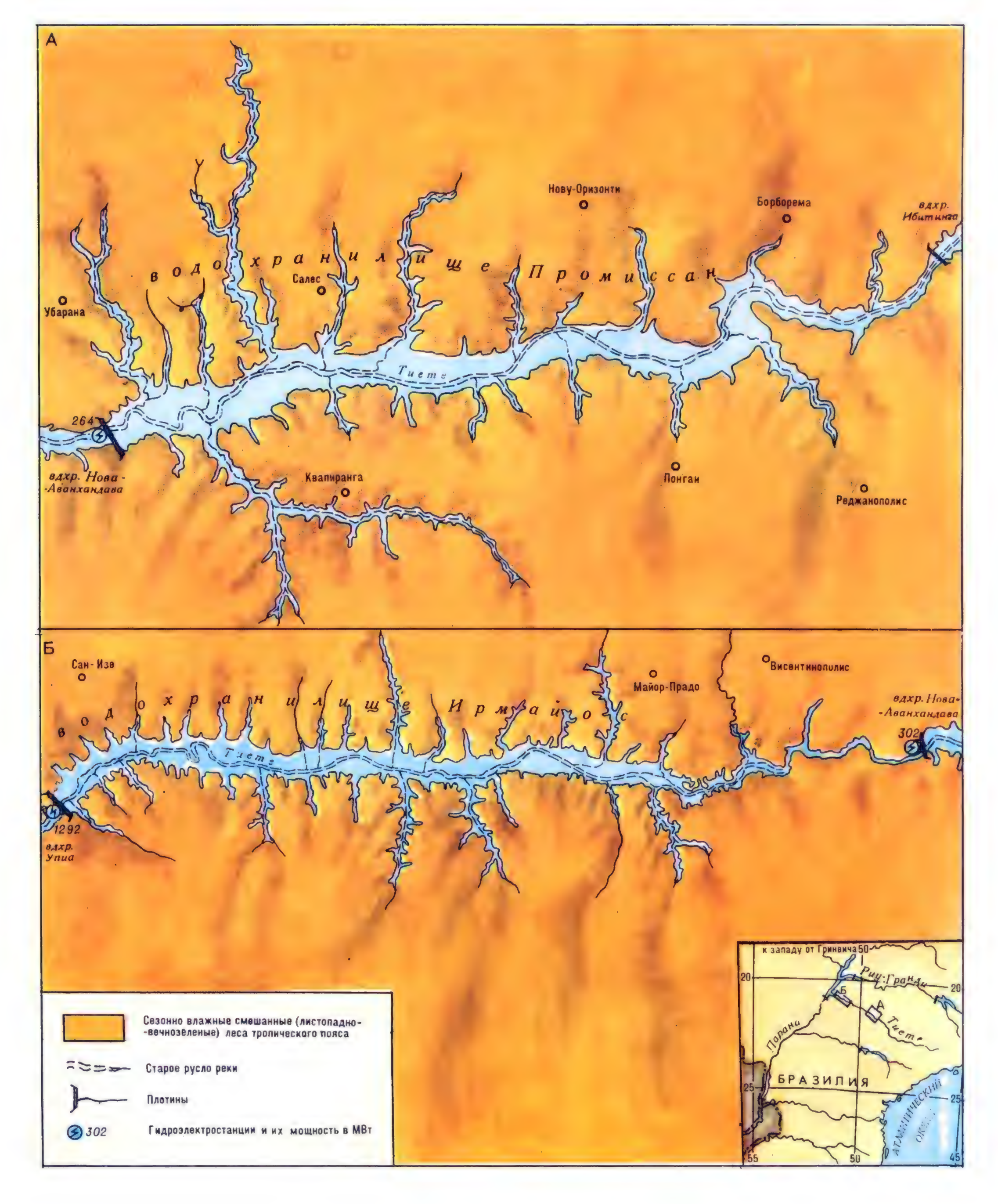
В 1970 г. администрация штата Сан-Паулу решила вопрос о строительстве двух крупных гидростанций на р. Паране: Илья-Солтейра и Порту-Примавера суммарной мощностью около 5 млн. кВт.

Водохранилище и гидростанция Илья-

196. Схема водохранилищ Промиссан и Ирмайос на р. Тиете (Бразилия)

Солтейра мощностью 3,2 млн. кВт входят в состав гидроэнергетического комплекса Урубупунга, созданного на р. Паране и включающего также гидростанции Жупия и Илья-Сеса. Основное назначение комплекса — обеспечение электроэнергией «промышленного треугольника» Бразилии — городов Рио-де-Жанейро, Сан-Паулу, Белу-Оризонти. Плотиной гидроузла в 1974 г. образовано водохранилище объемом 21,2 куб. км, площадью 1230 кв. км и длиной 150 км, средней шириной 10 км и максимальной — 17 км. Водохранилище сделало судоходным участок Параны в районе водопада Урубупунга.

В конце 1979 г. государственной электрокомпанией Сан-Паулу начато строи-



тельство на р. Парана гидростанции (1,8 млн. кВт) и водохранилища Порту-Примавера. Окончание строительства намечено в 1994 г. Водохранилище объемом 20 куб. км и площадью 2250 кв. км будет иметь важное энергетическое и воднотранспортное значение; по гребню плотины на протяжении 11 км пройдет железная дорога.

В штате Баия на р. Сан-Франсиску создано крупнейшее в Бразилии по площади водохранилище Собрадиньо (объем — 34,1 куб. км, площадь — 4200 кв. км). Мощность гидростанции — 1,0 млн. кВт.

Сооружаемые ГЭС и водохранилище Тукуруи (1-я очередь — 3,1 млн. кВт, 2-я очередь — 8,0 млн. кВт к 1985 г.) на р. Токантинс — один из крупнейших гидроэнергетических комплексов не только Бразилии, но и мира. Водохранилище Тукуруи — самое крупное по полному (45,8 куб. км) и полезному (25,4 куб. км) объему среди бразильских водохранилищ, а по площади (2430 кв. км) — второе после Собрадиньо. Длина его около 200 км, средняя глубина примерно 20 м и средняя ширина почти 12 км. Энергия этого комплекса создает основу для ускоренного развития района правобережья Амазонки в ее устье; кроме того, будет обеспечено устойчивое плавание крупнотоннажных судов по р. Токантинс. Велико значение комплекса и для инфраструктуры: до начала его строительства в районе насчитывалось около 2 тыс. жителей, в настоящее время их число превысило 60 тыс.

Возникшие при создании водохранилища Тукуруи проблемы воздействия на окружающую среду привлекли особенно широкое внимание общественности Бразилии и вызвали ее негативную реакцию на строительство и в дальнейшем крупных водохранилищ в тропических районах. К наиболее неблагоприятным экологическим последствиям в районе водохранилища Тукуруи относят: появление обширных сероводородных зон в связи с разложением затопленной огромной растительной биомассы; ущерб судоходству от затопленной древесины; снижение популяций мигрирующих рыб и уловов креветки в устье р. Токантинс; исчезновение отдельных видов флоры и фауны; ухудшение условий жизни нескольких индейских племен из-за затопления мест охоты, рыбной ловли, сбора орехов и заготовки древесины для продажи.

Основной проблемой подготовки водохранилища Тукуруи оказались лесосводка и лесоочистка ложа. Средняя биомасса тропической растительности здесь чрезвычайно высока и достигает 240 куб. м на 1 га. Единственным радикальным решением проблемы с минимальными экологическими и экономическими отрицательными последствиями в будущем могла бы быть полная лесоочистка ложа водохранилища. В зоне затопления находилось около 9 млн. куб. м древесины очень ценных пород, стоимость которых на мировом рынке оценивается в 1 млрд. долл. Но использование этого «зеленого богатства» в короткие сроки было бы связано с колоссальными затратами трудовых и материальных ресурсов. Поэтому бразильские лесные органы лишь с большими трудностями смогли найти соответствующие предприятия для выполнения этой работы. Ведь нужно было не только вырубать ценные породы деревьев, но и заниматься не приносящей доходов, убыточной сплошной лесоочисткой.

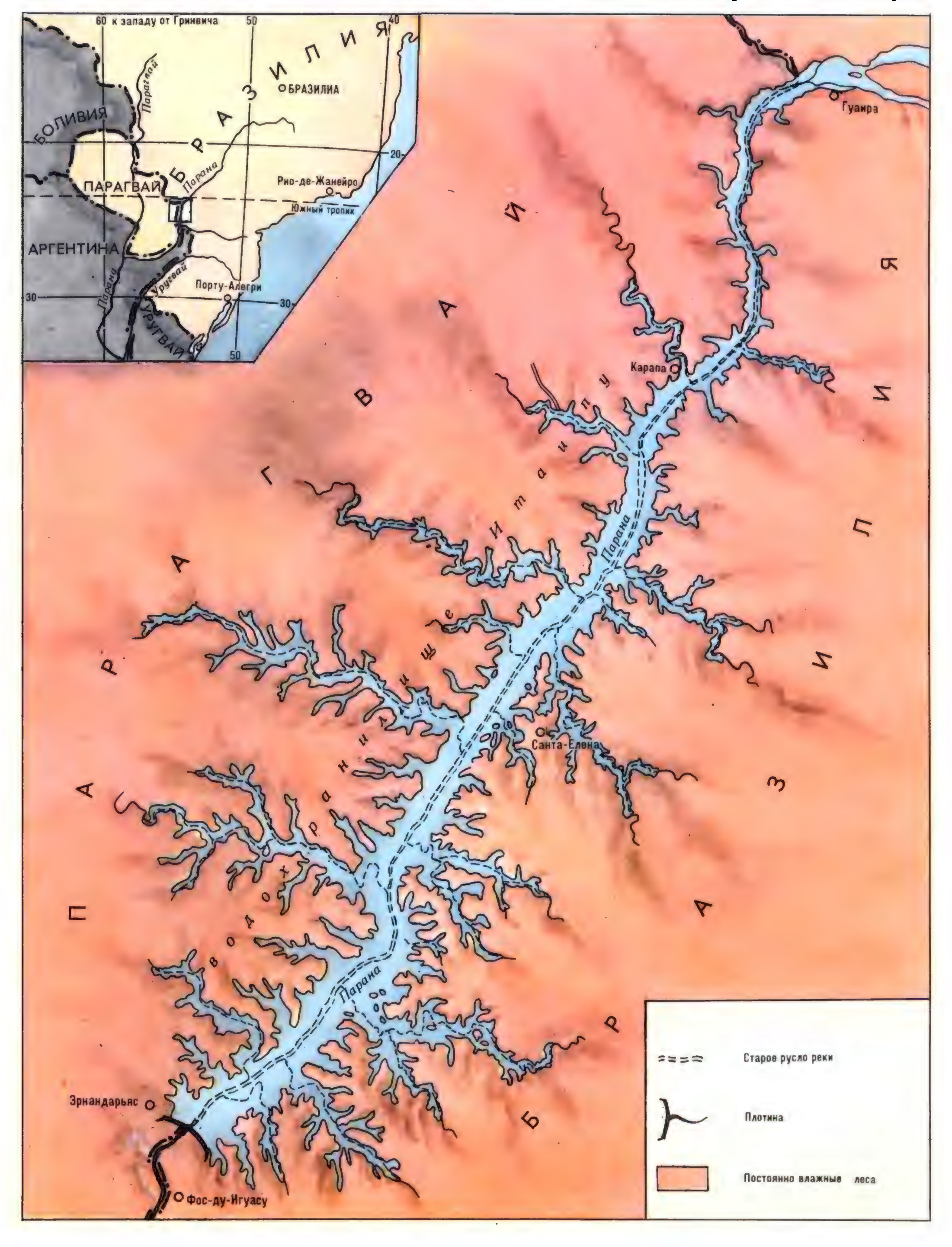
Бразильская фирма «Агропекяриа Копеми» взяла на себя соответствующие обязательства и приступила к работе. Предполагалось сразу же на месте «первобытный лес» превращать в пиломатериалы, шпалы, древесный уголь и сырье для получения древесного спирта. Однако программа лесоочистки ложа водохранилища Тукуруи «потерпела поражение» из-за мошенничества, коррупции и плохого руководства. Компания «Агропекярия Копеми» прекратила свое существование, выполнив только 25% работ.

Экологические протесты общественности в отношении гидроузла Тукуруи принесли пользу, и гидроэнергетическая компания была вынуждена организовать обширные исследования, включающие формирование биологической продуктивности в водохранилище, инвентаризацию почв, выявление метеорологических последствий, а также влияния подпора на санитарно-эпидемиологические условия, оценку современного состояния и прогноз качества воды,

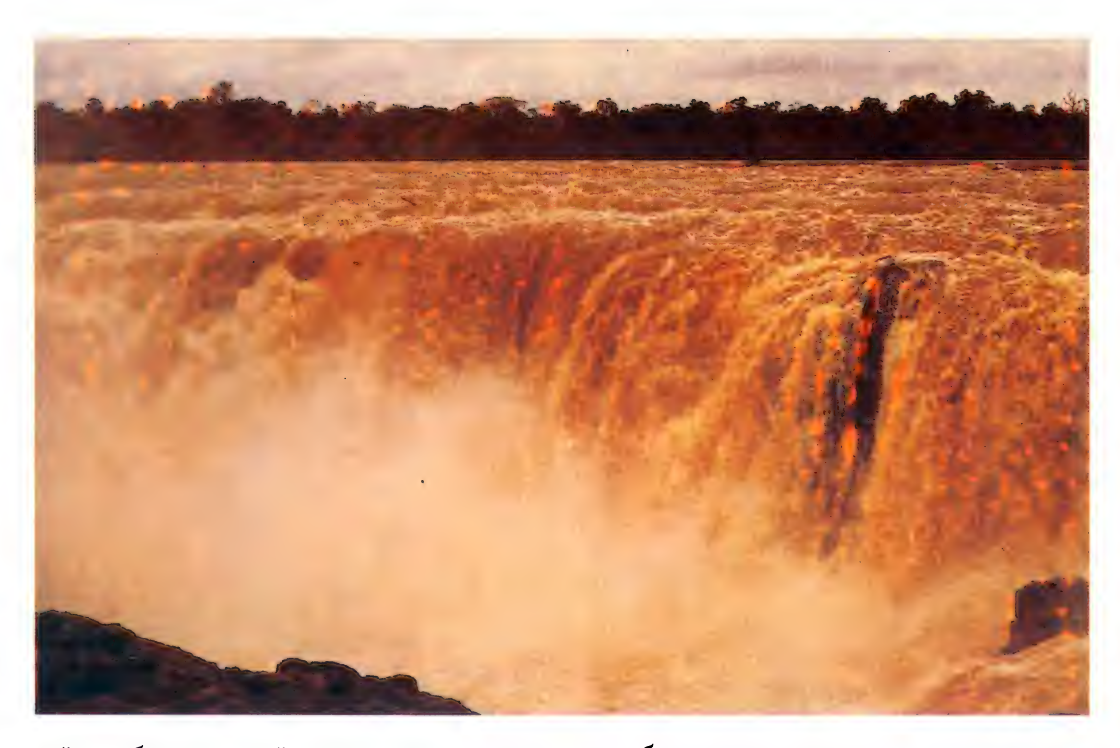
197. Схема очень сложного по рисунку береговой линии водохранилища Итаипу на р. Парана (Бразилия)

инвентаризацию флоры, фауны в береговой зоне и прогноз формирования ихтиоценозов в будущем водохранилище.

По инициативе Бразильского общества охраны природы в 1984—1985 гг. была проведена крупная операция «Курупира» по спасению животных из зоны затопления водохранилища Тукуруи. При подготовке операции «Курупира» предполагалось спасение около 150 тыс. обитателей бразильских джунг-



198. Водопад Гуайяра на р. Парана, который исчезнет после создания водохранилища Итаипу



лей — обезьян, змей, хамелеонов и многих других. В зоне будущего водохранилища было разбито 6 лагерей спасателей (их общее число — 600 чел.), в распоряжении которых находилось 3 вертолета, 106 моторных лодок, сети, мешки, палки и на всякий случай оружие. Как отмечал руководитель операции Дж. Пуэрто, «наконец-то мы будем иметь полные данные о флоре и фауне территории между реками Амазонка и Токантинс; уже обнаружено несколько видов животных, до сих пор неизвестных науке, например ядовитых змей, которые в настоящее время изучаются бразильскими учеными».

Однако оказалось, что в зоне затопления водохранилища Тукуруи Пентагоном в глубокой тайне под видом лесоочистки территории проводилась и другая, но уже варварская операция — испытание новых дефолиантов, близких к тем отравляющим веществам (диоксин), которые применялись американцами во Вьетнаме. Поставщиком дефолиантов оказался печально известный химический концерн «Доу кемикл». Итог преступных экспериментов в зоне водохранилища Тукуруи — гибель более 7 тыс. человек, полное уничтожение двух индейских племен, необратимый ущерб растительному и животному миру. Участок джунглей, подвергшийся обработке дефолиантами, был затоплен в 1984 г., что не дало возможности установить полные размеры катастрофы и провести тщательное расследование на месте. Преступные действия Пентагона в бразильских джунглях всколыхнули весь мир. Бразильской экологической организацией «Движение за сохранение жизни» был передан доклад в 600 страниц директору Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП) с обличающими данными о последствиях применения дефолиантов.

Так, в районе Тукуруи были проведены почти одновременно противоположные по направленности акции, первая из них —«Курупира»— гуманная, а другая — акт человеческого и экологического геноцида. Название водохранилища Тукуруи не сходило со страниц мировой печати в течение длительного времени и о нем узнали сотни миллионов людей во многих странах мира.

На пограничном с Парагваем участке р. Парана продолжается строительство крупнейшей ГЭС в мире — Итаипу (рис. 197, 198) проектной мощностью 12,6 млн. кВт; оно рассчитано на 10 лет (1979—1989 гг.), но первый агрегат уже

пущен в 1983 г. Стоимость строительства оценивается в 14 млрд. долл. По соглашению между Бразилией и Парагваем каждой стране будет принадлежать 50% мощности, ожидаемая годовая выработка составит около 30 млрд. кВт·ч. Водохранилище Итаипу имеет следующие параметры: объем — 29 куб. км (полезный — 19 куб. км), площадь — 1460 кв. км, длина — 170 км. При отметке НПУ будут затоплены леса и сельскохозяйственные угодья на площади 1350 кв. км. Средний расход Параны в районе ГЭС — 8,5 тыс. куб. м/с (минимальный 3 тыс. куб. м/с, а максимальный достигает 72 тыс. куб. м/с).

Водохранилище будет иметь рыбохозяйственное значение. Возведение гидроузла не окажет существенного отрицательного воздействия на рыбопродуктивность нижнего течения реки, так как ниже плотины гидроузла имеются пороги, препятствующие подъему вверх по реке мигрирующих видов рыб.

В будущем создание новых, в основном гидроэнергетических, водохранилищ будет идти в Бразилии, по-видимому, не менее быстрыми темпами, чем в последнее десятилетие.

Суринам. На юге страны — Гвианское плоскогорье, на севере — низменность. Климат субэкваториальный, с количеством осадков 2300—3000 мм, выпадающих в основном во влажный сезон. Поэтому сток рек неравномерен, с сильными паводками.

В стране создано одно большое водохранилище — Брокопондо (Афобака) на р. Суринам, очень крупное по мировым масштабам: объем — 24 куб. км, площадь — 1560 кв. км. Строительство ГЭС, приведшее к затоплению 1% территории страны и переселению 5 тыс. жителей, было вызвано желанием нидерландской компании получить электроэнергию для производства алюминия из местных бокситов. Для местных нужд достаточно было построить и менее мощную ГЭС с небольшим водохранилищем. Заполнение водохранилища продолжалось около пяти лет — с 1964 по 1968 г. Ныне ГЭС эксплуатируется по соглашению с правительством Суринама нидерландской компанией «Суралко».

Водохранилище по конфигурации относится к озеровидному, редкому в Южной Америке типу, его средняя глубина — 16 м, максимальная — 50 м. Длина очень извилистой береговой линии — 2 тыс. км.

С помощью фонда научных исследований Суринама, в основном голландскими учеными, в районе водохранилища были проведены некоторые социальные, медицинские и экологические исследования. Выше уже рассказывалось о получившей широкую известность операции «Гвамба» по спасению животных из зоны затопления водохранилища Брокопондо. В настоящее время проявляется все больший интерес к организации коммерческого рыболовства на водохранилище, но этому как по экологическим, так и по техническим причинам препятствует недостаточная лесоочистка его ложа.

Глава тринадцатая

ВОДОХРАНИЛИЩА АВСТРАЛИИ И ОКЕАНИИ

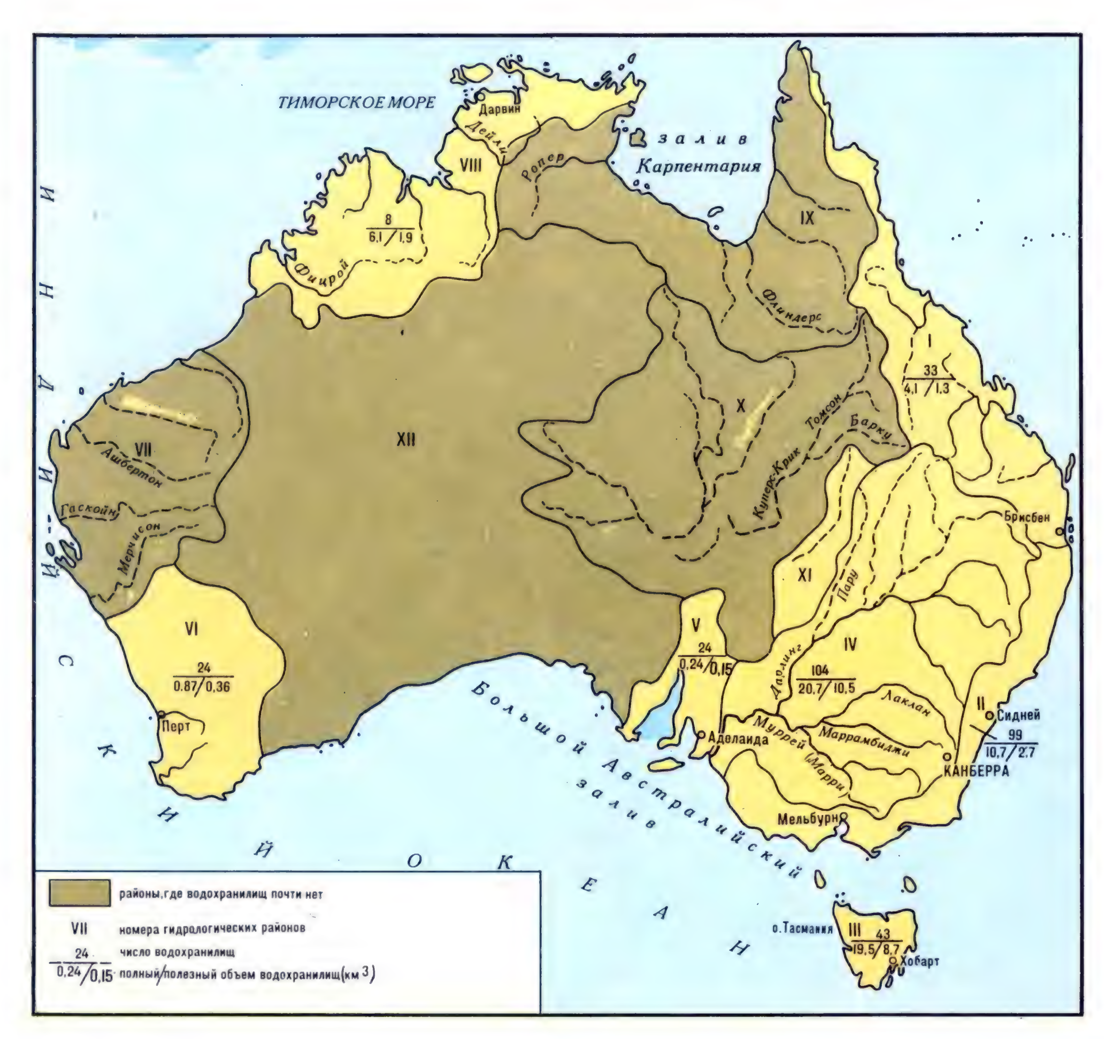
1. ПРИРОДНО-ХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ

Большая часть Австралии представляет собой огромное плато, вогнутое в центральной части и более возвышенное по краям, 95% территории имеет высоту около 600 м. Основная горная система — Большой Водораздельный хребет, протянувшийся вдоль восточной части континента. На периферии материка, особенно в его восточной и юго-восточной частях, выпадает достаточное количество осадков для формирования устойчивого поверхностного стока. На узкой приморской равнине, окаймляющей Большой Водораздельный хребет, осадки превышают 1000 мм в год.

Но количество их быстро убывает от периферии континента к его центральным районам. В целом Австралия бедна осадками, $^{3}/_{4}$ ее территории получает менее 500 мм в год, половина — менее 300 мм. Причем 87% выпадающих осадков расходуются на испарение и транспирацию. Это уже зона недостаточного увлажнения. Здесь простираются полупустыни и пустыни.

Отмеченные особенности рельефа и осадков обусловили слабое развитие гидрографической сети и своеобразие гидрологического режима. Почти 60% территории бессточны, русла рек (крики) наполняются водой только во время дождей. Для полупустынных и пустынных районов характерны многочисленные пересыхающие озера, обычно соленые. Большая часть осадков, выпадаю-

199. Размещение водохранилищ Австралии по гидрологическим районам



200. Гидроузел и водохранилище на р. Намой (Австралия)



щих в виде ливней, быстро фильтруется в подземные горизонты, пополняя запасы обширных артезианских бассейнов. В центральной части страны находится самый крупный в мире артезианский бассейн площадью свыше 1,5 млн. кв. км. Реки, начинающиеся в горах, имеют смешанное — дождевое и снеговое — питание, они обладают большими запасами гидроэнергии. Самая большая река — Муррей (Марри), ее длина — 2,7 тыс. км, с притоком Дарлинг — более 3,7 тыс. км. На рис. 199 приведена схема гидрологического районирования континента.

Общий объем годового стока оценивается в 350 куб. км, слой стока на большей части страны лишь достигает 50 мм, и только на 5% ее территории он превышает 250 мм. Почти 90% стока приходится на районы, примыкающие к северному, восточному и юго-восточному побережьям континента, площадь их — только 26% территории страны.

Таким образом, лишь на части территории (не более 20%) есть природные предпосылки для создания водохранилищ.

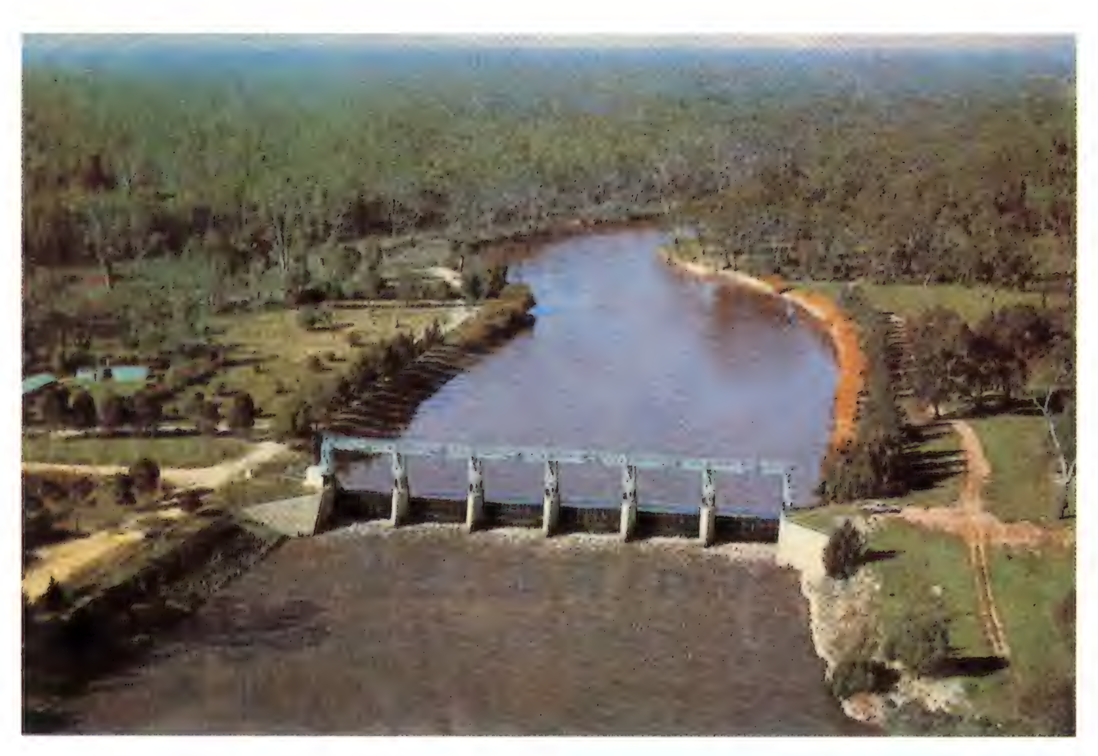
Общее количество водохранилищ на континенте на порядок меньше, чем в других частях света. Более благоприятны условия для создания водохранилищ на о. Тасмания. Он находится в пределах умеренного пояса, имеет прохладный и влажный климат, плоскогорный рельеф, развитую гидрографическую сеть, достаточное количество осадков.

Напротив, хозяйственные предпосылки для создания в стране водохранилищ чрезвычайно велики. Австралия индустриальная страна с высоким уровнем развития капитализма, с огромными минеральными ресурсами и разнообразным по структуре хозяйством, в котором большую роль играет животноводство. Водообеспечение промышленности, сельского хозяйства и населения в связи с маловодностью страны — сложная проблема. Ее решение невозможно без регулирования стока. Частично водные проблемы решаются за счет использования запасов подземных вод, это в основном касается питьевого и промышленного водоснабжения.

По прогнозным оценкам, к 2000 г. общее и безвозвратное водопотребление возрастет в стране по сравнению с 1970 г. в 2,5 раза и составит 50—60 куб. км. Поскольку климат в стране засушливый, огромное значение для развития сельского хозяйства имеет ирригация. В 1980 г. орошалось не менее 2 млн. га земель, к 2000 г. площадь орошаемых земель предполагается довести до 3 млн. га. Продуктивность орошенных земель в 4—5 раз выше, чем на богаре, что, естественно, стимулирует развитие систем ирригационных водохранилищ. Хотя 80% населения живет в городах, 85% водопотребления приходится на ирригацию

201. Русловое водохранилище Гогейдри на р. Маррамбиджи (Австралия)

202. Динамика создания водохранилищ объемом более 100 млн. куб. м в Австралии



цию и водообеспечение животноводства.

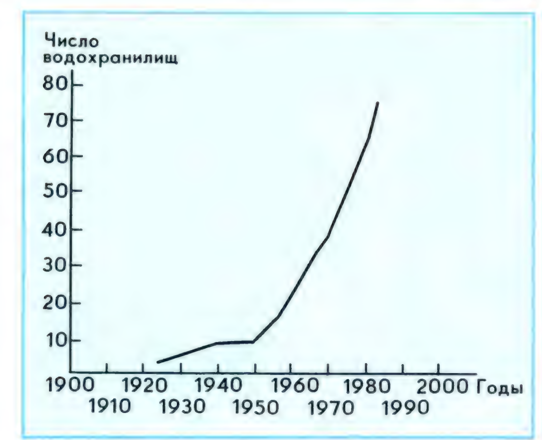
Таким образом, интенсивное развитие хозяйства и социально-экономические потребности населения настоятельно требуют регулирования стока посредством создания водохранилищ ирригационного, энергетического назначений и для водоснабжения промышленности и населения (рис. 200, 201).

2. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДОХРАНИЛИЩ

На начало 80-х годов в стране эксплуатировалось около 400 водохранилищ, из которых (в соответствии с разработанной авторами классификацией) к крупным (полный объем —1—10 куб. км) относятся 18, к средним (объем —0,1—1 куб. км) — 52, к небольшим и малым — более 300 водохранилищ.

Суммарный полный объем водохранилищ — более 70 куб. км, из которых на долю водохранилищ объемом больше 100 млн. куб. м приходится около 70 куб. км, т. е. 70% всего их объема. Суммарный полезный объем составляет 30—35 куб. км.

Более 80% крупных и средних водохранилищ создано во второй половине



нашего столетия. Динамика создания крупных и средних водохранилищ показана на рис. 202, темпы создания новых водохранилищ хотя и стабильны, но невысоки, каждый год появляется от трех до пяти новых водохранилищ (рис. 203).

Зарегулированность естественного поверхностного стока по полному объему водохранилищ составляет почти 28%, а по полезному объему — почти 15%, что характерно для таких «водохранилищных» стран, как СССР, США, Япония.

Почти все водохранилища расположены по периферии континента, большая

203. Крупный гидроузел и водохранилище Бловеринг на р. Тумут водохозяйственной системы «Снежные горы»

204. Схема нескольких водохранилищ на о. Тасмания



часть их сосредоточена на востоке, юго-востоке континента и на о. Тасмания. Размещение водохранилищ приводится на картосхеме (рис. 204). Распределение их по административным районам (штатам) выглядит следующим образом: Новый Южный Уэльс —148; Виктория и Квинсленд —71; Южная Австралия — 54; Западная Австралия —32; Северная территория —42; Австралийская столичная территория —10; Тасмания (островной штат) — 43.

Удельный показатель обеспеченности населения водными ресурсами водохранилищ в среднем для страны — около 6,0 тыс. куб. м на человека, с колебаниями для отдельных районов от 0 до 20 тыс. куб. м (Тасмания). Суммарная площадь водного зеркала оценивается в 4 тыс. кв. км, в том числе без озер, находящихся в подпоре,— 3 тыс. кв. км. В Австралии насчитывается 12 водохранилищ с площадью зеркала 100 кв. км и более, с суммарным полным объемом 80 куб. км, что составляет 80% полного объема всех водохранилищ.

Таким образом, в мировом фонде водохранилища Австралии занимают весьма скромное место по количеству, полному объему и площади водного зеркала



(1—1,5%) в сравнении с соответствующими мировыми показателями.

Самое крупное водохранилище — Орд, создано на одноименной реке в 1972 г., его полный объем —5,7 куб. км, полезный —2,0 куб. км, площадь — 100 кв. км. Оно имеет большое значение для борьбы с наводнениями. Это главный компонент системы ирригации бассейна р. Орд, он обеспечивает орошение 180 тыс. га плодородных черноземов.

Гидрологические особенности терри-

Таблица XIII-1

Наиболее крупные водохранилища Тасмании

Название водохранилищ	*НПУ м. абс.*	*Величина сработки, м*	*Максим. глубина, м*	*Площадь общая, кв. км*	*Полезный объем, куб. км*	*Год ввода*
Грейт	1 034	15,5	18,5	156	2,31	1979
Артур	952	9,0	14,0	64	0,51	1962
Кинг-Вильям	720	29,5	52	41	0,54	1966
Клар	737	6,0	213,5	28	0,15	1937
Эчо	846	13,5	23	41	0,71	1952
Ровалан	488	21,5	33,5	9	0,13	1967
Баррингтон	122	4,5	73	7	0,18	1969
Кетана	221	6,0	94,5	5	0,14	1971
Педдер	308	1,5	35	240	2,96	1972
Гордон	308	18,5	128	268	11,63	1972

тории и высокая стоимость компенсации затопляемых земель (от 50 до 500 австр. долл. за 1 га) препятствуют созданию крупных водохранилищ. Для многих австралийских штатов характерно стремление создавать водохранилища путем подпора озер с переброской в них дополнительного стока из других бассейнов. Особенно эта тенденция выражена в штате Тасмания, где создано много озер-водохранилищ. Их размещение дано на рис. 204, а характеристика — в табл. XIII-1.

Самое крупное водохранилище Тасмании как по площади (272 кв. км), так и по объему (11,73 куб. км) — энергетическое водохранилище Гордон, созданное на одноименной реке.

3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДОХРАНИЛИЩ

Как уже говорилось, трудности в обеспечении промышленного и хозяйственно-питьевого водоснабжения в Австралии в определенной степени удается обходить стабильным увеличением объемов водозаборов подземных вод из артезианских бассейнов и использованием этих вод для промышленного и муниципального водоснабжения. Однако интересы энергетики и ирригации требуют во всевозрастающих масштабах регулирования стока. Треть всей электроэнергии, производимой в Австралии, вырабатывается на ГЭС. Большинство их принадлежит государству и муниципалитетам. Имеется около 60 водохранилищ, используемых для выработки гидроэлектроэнергии, 14 из них — энергетического назначения.

Крупные гидроэлектростанции и водохранилища расположены на Тасмании и в Снежных горах (Австралийские Альпы); из 43 водохранилищ Тасмании 33— гидроэнергетические (рис. 205).

Таблица XIII-2

Использование водохранилищ Австралии по состоянию на 1975 г. (Review ..., 1976)

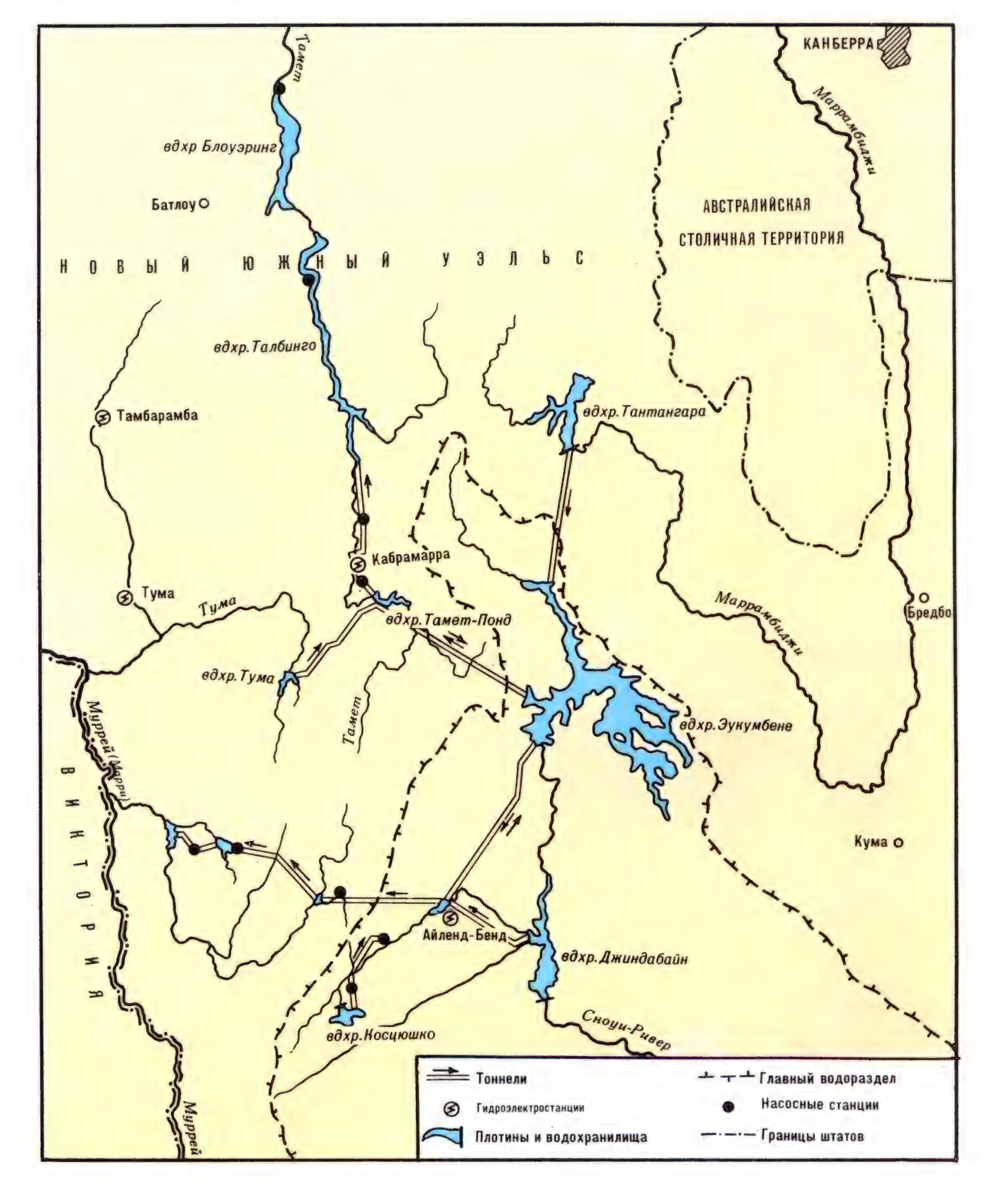
Гидрографические районы	*Общее число вдхр.*	*Число водохранилищ по видам использования*				*Суммарн. полный объем вдхр., куб. км*	*Суммарн. полезн. объем вдхр., куб. км*	*Средне-многолетн. объем стока, куб. км*
		ирригация	*гидроэнергетика*	*водоснабжение*	*контроль наводнений, рекреация*			
Северо-восточное побережье	33	12	1	20	—	4,10	1,30	82,5
Юго-восточное побережье	99	5	5	87	2	10,7	2,70	39,4
Тасмания	43	1	31	11	—	19,5	8,70	49,8
Муррей-Дарлинг	104	34	15	53	2	20,7	10,50	22,3
Южно-Австралийский залив	24	—	—	23	1	0,24	0,15	0,98
Юго-западное побережье	24	8	—	15	1	0,87	0,36	7,30
«Индийский океан»	1	—	—	1	—	0,1	0,05	4,16
«Тиморское море»	8	5	—	3	—	6,10	1,90	74,26
Залив Карпентария	4	—	—	4	—	0,14	0,01	58,23
Озеро Эри	2	1	—	1	—	0,1	0,05	3,26
Булло-Банкания	—	—	—	—	—	—	—	5,40
Западное плато	—	—	—	—	—	—	—	0
Всего	324	66	52	218	6	62,35	25,62	342,76

205. Схема водохозяйственной системы «Снежные горы», удовлетворяющей интересы гидроэнергетики и орошения на юго-востоке Австралии

Суммарная установленная мощность ГЭС Австралии — 6 млн. кВт. Наиболее крупная система ГЭС находится в Австралийских Альпах — 3,7 млн. кВт; вторая по мощности (более 1,5 млн. кВт) — в Тасмании.

В Австралии по сравнению с другими континентами преобладает (65% от общего числа) использование искусственных водоемов в целях хозяйственно-бытового и промышленного водоснабжения (рис. 206, 207).

Данные об использовании водохранилищ по основным гидрографическим районам Австралии приведены в табл. XIII-2 (Review..., 1976). Для ряда районов характерна высокая степень зарегулирования стока. Суммарный полный



206. Небольшое среднегорное водохранилище для орошения и водоснабжения

207. Малое водохранилище для обеспечения нужд животноводства (Австралия)



объем водохранилищ по отношению к объему поверхностного стока составляет на юго-восточном побережье — 27%, в Тасмании — 40%, в районе Муррея-Дарлинга — 92%, в районе Южно-Австралийского залива — 50%.

Специальные водохранилища созданы для водоснабжения Сиднея (шесть водохранилищ объемом 2,6 куб. км), Канберры (Баррагоранг объемом 2,06 куб. км), Аделаиды (Дартмут объемом 4,0 куб. км) и многих других.

В последние годы заметно стремление к наиболее полному использованию рекреационного потенциала водохранилищ, в связи с чем были проведены некоторые законодательные и природоохранные мероприятия.

Большая часть полезного объема водохранилищ используется для ирригации, доля которой в гидрографическом районе Муррей-Дарлинг достигает 90%. На Тасмании, наоборот, более 80% суммарного полезного объема используется гидроэнергетикой и менее 20% — в других целях.

208. Водохранилище Эукумбене — главный «аккумулятор» воды в системе «Снежные горы» (Австралия)

209. Земельные массивы, орошаемые из водохранилищ системы «Снежные горы»

В стране широко развернуты исследовательские и проектные работы, проводимые для обоснования и создания комплексных гидротехнических сооружений смешанного ирригационно-энергетического назначения. Отметим созданное в 1949 г. Управление проектом Снежных гор, которое в период 1950—1974 гг. осуществило исследования, проектирование и строительство системы уникальных гидротехнических сооружений, состоящей из 16 водохранилищ общим объемом 8,5 куб. км, 7 гидроэлектростанций и 145 туннелей по переброске стока из бассейна р. Сноу-Ривер в бассейн р. Муррей для освоения и орошения новых площадей в междуречьях Муррея, Дарлинга и Марамбиджи. Вода используется в каскадах ГЭС и для орошения безводных центральных районов штатов Новый Южный Уэльс и Виктория (рис. 208, 209).

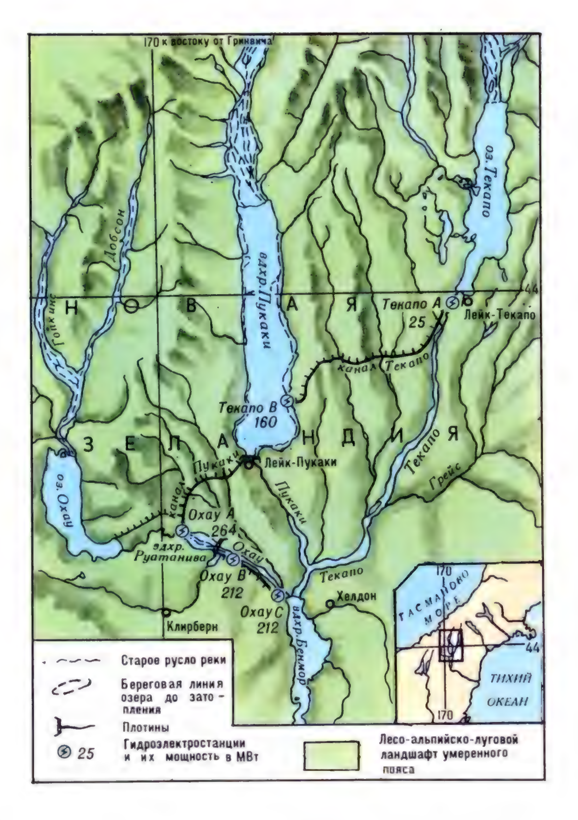




Суммарная площадь зеркала водохранилищ, входящих в гидротехническую систему «Снежные горы», — 230 кв. км. Эта система отличается высокой технической и экологической эффективностью: были запроектированы и осуществлены мероприятия по защите почв речных долин от эрозии, регулированию больших суточных колебаний расходов ГЭС Муррей-I и Муррей-II, борьбе с заилением русел, ограничению поступления загрязнений, порубок лесов, имеющих водоохранное значение, предупреждению и борьбе с лесными пожарами.

Дальнейшее создание энергетических

водохранилищ в основном будет проводиться в Тасмании, где сосредоточено более половины всех гидроэнергоресурсов Австралии.



210. Система водохранилищ и гидроэлектростанций Аппер-Уаитаки на Южном острове Новой Зеландии

Комплексное использование водохранилищ в Австралии широко не выражено, но тенденция к нему начинает проявляться достаточно отчетливо.

Водохранилища Австралии по сравнению с другими странами не используются в широких масштабах для водного транспорта, рыбного хозяйства, борьбы с наводнениями, для охлаждения агрегатов ГЭС и АЭС. Рекреационное использование их в связи с ирригационно-энергетическим назначением, а следовательно, большими амплитудами колебаний уровней, по-видимому, будет развиваться в направлении туризма и спортивного рыболовства.

4. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВОДОХРАНИЛИЩ С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ

Изменения в окружающей среде, обусловленные созданием водохранилищ в Австралии, носят локальный характер.

Проблемы экологических изменений и трансформации речных экосистем при создании большинства водохранилищ не имеют той остроты, как в других регионах земного шара, еще и в связи с тщательной проработкой природоохранных и экологических мероприятий в проектах. Этому способствовало принятие в 1974 г. федерального закона об обязательности экологической экспертизы при проектировании и создании крупных инженерно-технических объектов. В правительственные инстанции представляется отчет о состоянии окружающей среды и вероятных последствиях строительства для природы и населения. Необходимость соблюдения требований экологической экспертизы привела к увеличению длительности подготовительного периода на 1—3 года и удорожанию проектно-изыскательских работ, но в целом это считается оправданным.

При проведении исследований в связи с созданием водохранилища Джулиус было отмечено его положительное влияние на природную среду прилегающих территорий (главным образом на условия обитания и видовое разнообразие некоторых видов птиц), а также на инфраструктуру и условия жизни населения в экстремальном по климатическим условиям районе.

Негативное влияние на окружающую среду оказало водохранилище Орд, созданное в тропической зоне (Achurch, 1977). Возникла угроза распространения ряда тропических заболеваний из-за размножения москитов на орошаемых землях, накопления в водохранилище инсектицидов, широко применяемых в сельскохозяйственном производстве, зарастания водохранилища, эрозии в бассейне реки и сноса взвешенных веществ в водохранилище. Нетрудно, однако, видеть, что в этом перечне причин непосредственное отношение к водохранилищу имеет только одна (зарастание водоема), а все другие относятся скорее к последствиям широкого развития ирригации в бассейне р. Орд.

В другом случае по экологическим соображениям был и вовсе отклонен проект небольшого водохранилища на р. Ярра близ г. Мельбурна.

При исследовании изменений окружа-

ющей среды в Австралии проводится оценка разнообразия, плотности и биомассы флоры и фауны на затопляемых территориях, изучается режим подземных и грунтовых вод, исследуются берега и их устойчивость в связи с возможной эрозией и абразией, регистрируются параметры качества воды. Проработка так называемых специальных вопросов охраны среды связана с исследованием внутриводоемных процессов, основными из них, применительно к водохранилищам Австралии, считаются возможность и стабильность явления термической стратификации; последствия прогрева поверхностных слоев воды выше 18° для холодноводных видов рыб; обрастание водорослями трубопроводов; порча оборудования ГЭС в результате образования метана, сероводорода, сульфидов; поступление в водохранилища минеральных и органических загрязнений.

В заключение отметим, что сооружение водохранилищ ведется в Австралии хотя и не быстрыми, но достаточно стабильными темпами и роль их в социально-экономическом развитии высока. Фактическая степень зарегулирования поверхностного стока и потребности развития хозяйства дают основание полагать, что суммарный полный объем водохранилищ к 2000 г. составит не менее 120 куб. км. По-прежнему будут создаваться в основном энергетически-ирригационные и водоснабженческие водохранилища.

Новая Зеландия. Природные условия Новой Зеландии благоприятны для создания водохранилищ: стекающие с гор реки многоводны, обладают большим гидроэнергетическим потенциалом, использованию которого уделяется достаточно серьезное внимание. Более 80% электроэнергии дают гидроэлектростанции.

Общее число водохранилищ объемом более 100 млн. куб. м — 15; все они одноцелевого энергетического назначения. Их суммарный полный объем — 15,36 куб. км, площадь водного зеркала — 1 тыс. кв. км (в том числе без озер в подпоре — 600 кв. км), почти все они созданы после 1950 г. Самое крупное водохранилище — Пукаки на р. Уайтаки (полный объем — 5,80 куб. км, площадь — 150 кв. км). К крупным (либо по объему, либо по площади) относятся четыре водохранилища (рис. 210). Удельная обеспеченность объемом водохранилищ на одного жителя около 5 тыс. куб. м полного объема. В перспективе предполагается еще больше строить водохранилищ, преимущественно энергетического назначения.

Папуа — Новая Гвинея, Новая Каледония (франц. владение), **Фиджи**. В этих развивающихся странах в последние десятилетия создано несколько водохранилищ. В Папуа — Новая Гвинея с 1962 г. эксплуатируется гидроэнергетическое водохранилище Сиранума на р. Лалоки полным объемом 330 млн. куб. м. Сооружается еще несколько гидроэлектростанций с небольшими водохранилищами. В Новой Каледонии в 1959 г. было введено в эксплуатацию водохранилище Яйте на одноименной реке объемом 300 млн. куб. м. Даже на небольших по территории островах Фиджи в 1982 г. заполнено гидроэнергетическое водохранилище Мока на р. Саву объемом 100 млн. куб. м.

ПРИЛОЖЕНИЕ № 1

Показатели водохранилищ мира полным объемом более 5 куб. км и площадью водного зеркала более 250 кв. км

№№ п/п	Название водохранилища	Страна	Река, озеро	Год заполнения водохранилища[1]	Подпор уровня воды у плотины[2], м	Объем водохранилища, куб. км		Площадь зеркала, кв. км		Длина водохранилища[2], км	Виды использования[6]
						полный[3]	полезный[4]	всего	в том числе озер до подпруживания[5]		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Абу-Дибис (Раззаза)	Ирак	Наливное из р. Евфрат	1970	15	26,0	...	1 630	300	80	НИ
2	Авару	Гайана	Авару	стр.	...	1,6	...	330	—	...	Э
3	Агуа-Вермелья	Бразилия	Риу-Гранди	1978	85	11,0	...	645	—	130	Э
4	Алкева	Португалия	Гвадиана	стр.	80	3,4	0,5	250	—	95	ИСЭ
5	Амистад	США, Мексика	Рио-Гранде	1968	87	7,0	4,4	340	—	70	НЭИС
6	Ангостура	Мексика	Грихальва	1974	140	9,2	...	...	—	140	ЭИ
7	Арроу	Канада	Колумбия	1968—1969	50	8,8	...	515	—	230	ЭН
8	Эль-Асад (Табка)	Сирия	Евфрат	1973—1976	60	11,9	7,8	630	—	80	ИЭ
9	Ататюрк	Турция	Евфрат	стр.	175	48,7	...	...	—	...	ЭИ
10	Байкальское (Иркутское)	СССР	Ангара оз. Байкал	1956—1959	30	47,6	46,6	32 965	31 500	700	ЭСЛВРО
11	Байяна	Панама	Байяна	1975	60	4,0	1,2	775	—	70	Э
12	Банчаонен	Таиланд	Мекхлонг	1977—1979	125	17,8	7,5	420	—	120	ЭИН
13	Бекме	Ирак	Бол. Заб	стр.	170	8,3	...	...	—	35	ИАЭ
14	Биас	Индия	Биас	1974	125	8,1	6,9	260	—	42	ИЭ
15	Биг-Кейни 12	США	Рок-Крик	1967	21	7,6	...	...	—	...	А
16	Биг-Кейни 37	США	наливное из р. Миссури	1967	20	6,6	2,3	249	—	...	АО
17	Бир-Лейк	США	Бир-Ривер	1914	5	1,8	...	350	285	35	ИЭА
18	Боа-Эсперанса	Бразилия	Паранаиба	1968—1969	50	4,5	...	400	—	...	ЭАСИ
19	Барука	Коста-Рика	Ферраба	стр.	260	15,0	6,2	220	—	...	Э
20	Богучанское	СССР	Ангара	стр.	70	58,2	2,3	2 325	—	375	ЭСЛ
21	Бокс-Элдер-Крик	США	Бокс-Элдер	1964	17	5,8	...	...	—	...	АО
22	Братское	СССР	Ангара	1961—1967	106	169,3	48,2	5 470	—	565	ЭСЛВРО
23	Брокопондо (Афобака)	Суринам	Суринам	1964—1971	42	12,4	...	1 560	—	70	Э
24	Булл-Шолс	США	Уайт-Ривер	1951	75	6,7	6,7	285	...	...	НЭА
25	Бурейское	СССР	Бурея	стр.	124	22,5	11,5	800	—	150	ЭН
26	Бухтарминское	СССР	Иртыш	1960—1967	67	49,6	30,8	5 490	1 783	350	ЭРСНО
27	Бхумифол	Таиланд	Пинг	1964	150	13,4	...	320	—	125	ЭИ
28	Бэй-Д'Эспуар	Канада	Салмон	1966	40	2,6	2,6	2 000	500	50	Э
29	Бэрелл	США	Хайне-Крик	1957	...	0,7	0,1	425	—	80	НСО
30	Вааль	ЮАР	Вааль	1934—1938	50	2,9	2,4	300	—	80	ЭИВ
31	Вади-Тартар	Ирак	наливное из р. Тигр	1956—1976	—	72,8	43,5	2 000	—	100	НИ
32	Венерн	Швеция	оз. Венерн, р. Гёта-Эльв	1915	...	7,2	7,2	5 550	5 500	140	ЭСВО
33	Верхнетуломское	СССР	Тулома	1963—1964	63	11,5	3,9	745	80	120	ЭЛР
34	Верхний Рок-Крик	США	Рок-Крик	1967	20	5,8	...	...	—	20	А
35	Вилюйское	СССР	Вилюй	1965—1972	68	35,9	17,8	2 170	—	470	ЭВС

Продолжение

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
36	Виктория (Оуэн-Фолс)	Уганда, Танзания, Кения	Виктория-Нил, оз. Виктория	1954	31	204,8	204,8	76 000	68 000	320	ЭРИ
37	Виннипег	Канада	Нельсон, оз. Виннипег	стр.	1	29,8	29,8	24 510	24 300	500	ЭИНС
38	Водлозерское	СССР	Водла, оз. Водлозеро	1934	4	0,8	0,6	370	320	35	Л
39	Волгоградское	СССР	Волга	1958—1960	27	31,4	8,2	3 115	—	540	ЭСИРВО
40	Вольта (Акосомбо)	Гана	Вольта	1964—1967	70	148,0	90,0	8 480	—	400	ЭСИРН
41	Воткинское	СССР	Кама	1961—1964	23	9,4	3,7	1 120	—	360	ЭСЛВРО
42	Выгозерское	СССР	Нижний Выг	1932—1933	6	6,4	1,1	1 250	560	85	АР
43	Гандисагар	Индия	Чамбал	1960	60	8,4	6,9	650	—	70	ИЭ
44	Гантерсвилл	США	Теннесси	1939	20	1,3	0,2	280	—	125	СВЭА
45	Гатун	Панама	Чагрес (Панамский канал)	1912	35	5,4	. . .	425	—	70	СЭ
46	Гебель-Аулия	Судан	Белый Нил	1937	12	3,2	3,2	595	—	50	ИЭ
47	Гобиндсагар (Бхакра)	Индия	Сатледж	1963—1967	200	9,9	7,4	176	—	85	ИЭНСО
48	Гордон	Австралия	Гордон	1974—1975	130	11,8	. . .	270	—	35	Э
49	Гордон М. Шрам (Портидж-Маунтин, Беннет)	Канада	Пис	1968	165	70,1	37,0	1 680	—	360	ЭНС
50	Горьковское	СССР	Волга	1955—1957	17	8,8	2,8	1 590	—	430	ЭСЛВРО
51	Гренада	США	Ялобаша	1954	30	1,6	1,5	260	—	25	НА
52	Гранд-Рапидс (Сидар)	Канада	Саскачеван	1965	60	11,1	. . .	3 495	1 370	175	Э
53	Гури (Эль-Мантеко)	Венесуэла	Карони	1968—1986	150	135,0	55,0	4 250	—	250	Э
54	Гуэн (Ла-Лутр)	Канада	Сен-Морис	1917	27	8,6	. . .	1 290	. . .	60	Э
55	Даньцзянкоу	Китай	Хан-Ян	1974	90	20,9	. . .	. . .	—	100	ЭИ
56	Даниел-Джонсон (Маникуаган-5)	Канада	р. и оз. Маникуаган	1968—1974	154	141,8	85,9	1 950	1 575	100	ЭСН
57	Дауле-Перипа	Эквадор	Дауле	стр.	70	5,4	. . .	. . .	—	. . .	ЭИВН
58	Джердап	Румыния, Югославия	Дунай	1969—1971	34	5,0	3,0	320	—	230	ЭСНО
59	Джон-Кэрр	США	Роанок	1952	40	3,5	2,6	380	—	55	НСЭА
60	Днепродзержинское	СССР	Днепр	1963—1965	15	2,4	0,3	565	—	115	ЭСВИО
61	Докан	Ирак	Малый Заб	1959—1961	100	6,8	6,1	270	—	25	ИЭ
62	Дэлорм	Канада	Каниаписко	стр.	5	6,6	6,0	1 295	. . .	160	Э
63	Жупия	Бразилия	Парана	1968	60	3,7	1,1	350	—	65	ЭС
64	Журумирум	Бразилия	Паранапанема	1962	50	6,5	. . .	1 430	—	. . .	Э
65	Запорожское (Днепровское)	СССР	Днепр	1932—1933	39	3,3	0,8	410	—	130	ЭСВО
66	Зейское	СССР	Зея	1974	98	68,4	32,1	2 420	—	225	НЭСЛР
67	Иваньковское	СССР	Волга	1937	14	1,1	0,1	325	—	120	ВСЭРО

Продолжение

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
68	Ильменское (Волховское)	СССР	Волхов, оз. Ильмень	1926—1929	13	10,2	10,1	2 180	982	210	ЭСРВО
69	Илья-Солтейра	Бразилия	Парана	1973—1974	85	21,2	16,8	1 230	—	150	ЭС
70	Имандровское	СССР	Нива	1936	13	11,2	2,3	875	810	120	ЭОЛВ
71	Инари	Финляндия, СССР	Паатсойоки (Паз)	1942	8	4,9	2,4	1 100	1 050	105	Э
72	Инфьернильо (Лопец-Матех)	Мексика	Бальсас	1964—1966	140	12,0	7,0	400	—	130	ЭИН
73	Иовское	СССР	Иова (Ковда)	1960—1961	36	2,1	0,6	295	95	60	ЭЛ
74	Ириклинское	СССР	Урал	1958—1966	35	3,3	2,2	260	—	73	НЭВИР
75	Иссельмер	Нидерланды	залив Зюдерзе р. Рейн	1932	—	6,0	...	1 500	1 500	100	В
76	Истмейн-Опинака	Канада	Истмейн	стр.	...	3,5	3,5	...	...	250	Э
77	Итаипу	Бразилия, Парагвай	Парана	1982	165	29,0	19,0	1 350	—	170	Э
78	Итумбиара	Бразилия	Паранаиба	1979	95	17,0	...	780	—	95	Э
79	Кабора-Басса	Мозамбик	Замбези	1977	127	63,0	51,8	2 700	—	270	ЭИСР
80	Каинджи	Нигерия	Нигер	1967—1968	41	15,1	11,5	1 270	—	140	ЭИСР
81	Кайзингер-Блаф	США	Осейдж	стр.	35	6,4	...	...	—	85	ЭАО
82	Кайраккумское	СССР	Сырдарья	1956—1959	24	4,2	2,6	510	—	55	ИЭВО
83	Камберленд	США	Камберленд	1950	65	7,5	5,2	255	—	160	НЭ
84	Камское (Пермское)	СССР	Кама	1954—1956	21	12,2	9,2	1 915	—	270	ЭСЛВРО
85	Каневское	СССР	Днепр	1972—1973	11	2,6	0,3	675	—	130	ЭСВО
86	Каниаписко	Канада	Каниаписко	стр.	23	21,2	17,1	2 125	2 000	300	Э
87	Капивара	Бразилия	Паранапанема	стр.	55	10,5	...	500	—	100	Э
88	Капчагайское	СССР	Или	1970—	41	28,1	6,6	1 845	—	170	ЭИСРО
89	Каракайя	Турция	Евфрат	1982	155	9,5	5,6	300	—	400	ЭИ
90	Кариба	Замбия, Зимбабве	Замбези	1958—1963	100	160,3	46,0	4 450	—	300	ЭСИРН
91	Карнапхули	Бангладеш	Карнапхули	1962	45	5,4	...	830	—	85	ЭА
92	Каховское	СССР	Днепр	1955—1958	16	18,2	6,8	2 155	—	230	ИЭСРВО
93	Кебан	Турция	Евфрат	1974—1976	190	30,6	16,3	675	—	125	ИЭ
94	Кениир	Малайзия	Тренггану	стр.	140	13,6	...	...	—	...	Э
95	Кентукки	США	Теннесси	1944	23	7,4	4,9	630	—	300	НЭС
96	Киевское	СССР	Днепр	1964—1966	12	3,7	1,2	920	—	110	ЭВОСР
97	Кларк-Хилл	США	Саванна	1952	50	3,6	2,1	315	—	90	НАЭ
98	Кламат	США	Кламат	1938	5	1,1	0,7	360	340	120	АЭ
99	Ковдозерское (Княже-губское)	СССР	Ковда, оз. Ковдозеро	1955—1957	20	3,4	1,9	610	295	60	ЭЛР
100	Кока	Эфиопия	Аваш	1968	40	1,9	1,4	250	—	25	ИЭ
101	Колымское	СССР	Колыма	1983	117	14,6	6,5	440	—	150	Э
102	Косу	Кот-д'Ивуар	Бандама	1972—1978	50	29,5	25,9	1 500	—	150	ЭИР
103	Крапивинское	СССР	Томь	стр.	46	11,6	6,7	670	—	160	ВЭАНО

Продолжение

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
104	Краснодар-ское	СССР	Кубань	1973—1975	25	2,4	2,2	420	45	45	ИНСВРО
105	Красноярское	СССР	Енисей	1967	100	73,3	30,4	2 000	—	390	ЭСЛВНРО
106	Кремаста	Греция	Ахелоос	1966	140	4,5	3,3	80	—	30	ЭИ
107	Кременчуг-ское	СССР	Днепр	1959—1961	17	13,5	9,1	2 250	—	185	ЭСВИРО
108	Кубенское	СССР	Сухона, оз. Кубенское	1828—1917	4	1,7	1,4	650	380	60	СЛР
109	Куйбышев-ское	СССР	Волга	1955—1957	29	58,0	34,6	5 900	—	650	ЭСВИРО
110	Кумское	СССР	Кума, оз. Пяозеро, Топозеро	1962—1966	33	13,4	8,7	1 910	1 690	150	ЭЛРВ
111	Курейское	СССР	Курейка	1979	72	13,4	10,1	750	50	100	Э
112	Кхаолаем	Таиланд	Кхуэной	1983	80	7,6	5,0	. . .	—	. . .	ЭИ
113	Ла-Гранд-2	Канада	Ла-Гранд	стр.	150	60,8	28,8	4 085	. . .	120	Э
114	Ла-Гранд-3	Канада	Ла-Гранд	стр.	75	56,0	16,5	2 460	. . .	220	Э
115	Ла-Гранд-4	Канада	Ла-Гранд	стр.	118	20,9	6,2	805	. . .	50	Э
116	Лак-Касс	Канада	Берсимис	1955	60	12,3	. . .	790	380	100	Э
117	Лесное	США, Канада	р. Виннипег, оз. Лесное	1905	2	7,6	7,6	3 800	3 800	120	НЭА
118	Либби	США	Кутеней	1973	50	6,1	. . .	. . .	56	90	ЭА
119	Лич	США	оз. Лич	1902	1,5	0,8	0,8	640	455	50	ЭА
120	Ловозерское (Серебрян-ское)	СССР	Воронья	1970—1972	65	3,0	1,7	555	235	160	Э
121	Локка	Финляндия	Луйройоки	1967—1970	18	2,1	. . .	415	—	50	Э
122	Луфира (Мва-дингуша)	Заир	Луфира	1930—1948	10	1,3	1,3	445	—	40	Э
123	Люцзяся	Китай	Хуанхэ	1968	140	5,7	4,1	130	—	200	ЭАИ
124	Манантали	Мали	Бафинг	стр.	55	13,1	11,6	500	—	. . .	ЭИ
125	Мангла	Пакистан	Джелам	1967	116	7,2	6,6	260	—	75	ЭИ
126	Маникуа-ган-3	Канада	Маникуаган	1975	100	10,4	. . .	210	—	85	Э
127	Марион	США	Сэнти	1941	13	1,8	1,4	460	—	65	Э
128	Маримбонду	Бразилия	Риу-Гранди	1976	80	6,2	. . .	440	—	130	Э
129	Мбакау	Камерун	Дьерем	1971—1974	25	2,6	2,3	250	—	85	ЭИ
130	Мигель-Алеман	Мексика	Тонто	1955	70	9,1	5,3	500	—	55	ЭИНС
131	Мид (Гувер)	США	Колорадо	1935—1936	170	36,8	33,5	630	—	185	НИВСЭ
132	Мика	Канада	Колумбия	1973—1976	235	24,7	14,8	445	425	225	ЭА
133	Милл-Лакс	США	Ром-Ривер	1939	9	4,9	0,3	530	530	35	А
134	Мингечаур-ское	СССР	Кура	1953—1959	65	16,1	7,4	605	—	70	ИЭНСРВО
135	Мисси	Канада	р. Черчилл, оз. Саутерн-Индиан-Лейк	1975	16	10,0	. . .	2 745	. . .	150	Э
136	Мосул	Ирак	Тигр	1982	90	11,0	10,0	1 500	. . .	70	ЭИН
137	Моултри	США	Кэнти	1941	35	1,5	0,9	260	—	40	ТЭ
138	Мусхед	США	Кеннебек	1840	2	0,7	0,7	300	200	35	ЛЭ
139	Нагарджу-насагар	Индия	Кришна	1969	120	11,5	6,9	285	—	40	ЭНИ
140	Намаканген	США	Рейни	1914	2,6	0,7	0,7	265	115	. . .	ВЭА
141	Намнгум	Лаос	Нгум	1970—1971	65	7,0	4,7	370	—	50	ЭИ

Продолжение

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
142	Нампхонг (Убонратна)	Таиланд	Пхонг	1965	35	2,6	. . .	410	—	65	ЭИ
143	Насер (Садд Эль-Аали)	Египет, Судан	Нил	1970	95	157,0	74,0	5 120	100	500	ИЭНСР
144	Нецауаль-койотль (Мальпасо)	Мексика	Грихальва	1966—1968	110	13,0	7,3	300	—	80	НЭИС
145	Нечако	Канада	Нечако	1952	100	22,2	. . .	800	453	235	Э
146	Нижнекам-ское	СССР	Кама	1981	15	12,9	4,4	2 580	—	270	ЭСЛВРО
147	Нипигон	Канада	р. и оз. Нипигон	1950	23	12,4	12,4	4 530	. . .	110	Э
148	Новосибир-ское	СССР	Обь	1957—1959	20	8,8	4,4	1 070	—	200	ЭСРВО
149	Нурекское	СССР	Вахш	1972	300	10,5	4,5	100	—	70	ЭСОИ
150	Оахе	США	Миссури	1963	75	29,1	29,1	1 505	—	400	ЭНСО
151	Окичоби	США	Ром-Ривер, оз. Окичоби	1938	13	5,2	1,6	1 800	. . .	60	НИТ
152	Онежское (Верхнесвир-ское)	СССР	Свирь, Онеж-ское оз.	1951—1952	17	13,8	13,1	9 930	9 700	350	ЭСРЛО
153	Онтарио (Ирокуэй)	Канада, США	Св. Лаврен-тия, оз. Онтарио	1958	23	29,9	29,9	19 555	19 500	310	ЭСА
154	Орд (Аргайл)	Австралия	Орд	1969—1972	50	5,7	. . .	. . .	—	90	ИЭ
155	Орос	Бразилия	Жагуарибй	1962	50	5,0	2,1	400	. . .	45	Э
156	Пасс-Данже-рез	Канада	Перибонка	1943	40	5,2	. . .	160	. . .	45	Э
157	Патия	Колумбия	. . .	стр.	. . .	18,9	11,0	. . .	—	. . .	Э
158	Панд-Орей	США	Панд-Орей	1952	40	1,9	1,4	380	380	40	ЭНИА
159	Порттипахта	Финляндия	Ритинен	1970	35	1,5	1,4	500	—	50	Э
160	Поуэлл (Глэн-Каньон)	США	Колорадо	1963—1964	200	33,3	25,7	645	—	300	НИЭА
161	Пролетарское	СССР	Маныч	1941	4	2,0	0,8	800	345	190	СЭРИ
162	Промиссан	Бразилия	Тиете	1976	50	7,4	2,2	1 100	—	80	ЭСИ
163	Пукаки	Новая Зеландия	Пукаки	стр.	40	5,8	. . .	150	100	60	Э
164	Ред-Лейк	США	Ред-Лейк	1931	3,5	4,0	. . .	1 155	1 100	70	НВА
165	Рейндир	Канада	Черчилл, оз. Рейндир	1937—1942	2	17,9	2,4	5 575	5 050	230	ЭА
166	Рейни-Лейк	США, Канада	оз. Рейни-Лейк	1909	1	0,9	0,9	885	885	120	СЭА
167	Ринкон-де-Бенете (Рио-Негро)	Уругвай	Рио-Негро	1946	30	6,6	. . .	1 140	—	140	Э
168	Рио-Ондо	Аргентина	Дульсе	стр.	30	2,0	1,2	320	. . .	. . .	ИЭНО
169	Риподженус	США	Пенобскот	1917	20	1,2	1,2	970	110	50	ЛЭ
170	Рихандр	Индия	Рихандр	1962	90	10,6	. . .	465	—	65	ИЭ
171	Рогунское	СССР	Вахш	1972	306	11,8	8,0	160	—	65	ЭИН
172	Росейрес	Судан	Голубой Нил	1966	57	3,0	2,9	290	—	85	ИЭ
173	Рыбинское	СССР	Волга	1940—1949	18	25,4	16,7	4 550	—	360	ЭСЛВРО
174	Сайма	Финляндия	Вуокса, оз. Сайма	1925	. . .	7,4	7,2	1 800	1 800	. . .	ЭЛ
175	Сакакавеа (Гаррисон)	США	Миссури	1954—1956	60	30,6	24,5	1 560	—	320	НИВЭА

Продолжение

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
176	Сальто-Гранди	Аргентина	Уругвай	стр.	45	5,0	...	570	—	145	ЭИО
177	Сальту-Сантьягу	Бразилия	Игуасу	1980	70	6,3	4,1	...	—	...	Э
178	Саньмынься	Китай	Хуанхэ	1960—1962	90	35,4	...	2 350	—	300	ЭИНС
179	Сан-Симан	Бразилия	Паранаиба	стр.	110	12,5	...	600	—	...	Э
180	Саратовское	СССР	Волга	1967—1968	15	12,4	1,8	1 830	—	350	ЭСИРВО
181	Саут-Саскачеван (Дифен-бейкер)	Канада	Саут-Саскачеван	1966—1968	58	9,9	2,4	445	—	230	ЭОА
182	Саянское	СССР	Енисей	1980—1987	220	29,1	14,7	633	—	290	ЭИСЛВО
183	Сегозерское	СССР	Сегежа	1967	5	4,7	4,0	815	750	50	ЭЛС
184	Селинге	Мали	Санкарани	стр.	...	2,0	...	430	—	...	ЭИС
185	Сент-Анн	Канада	Тулнустук	1958	35	3,4	...	251	145	...	ЭИ
186	Сен-Жан (Иль-Малинь)	Канада	Сагеней	1925	30	5,4	5,3	...	1 070	55	Э
187	Серрос-Колорадос	Аргентина	Неукен	1969—1971	75	43,4	5,6	607	—	55	ЭИ
188	Синъаньян	Китай	Синъаньян	1960	100	21,6	8,8	580	—	...	ЭА
189	Синьфыньян	Китай	Синьфыньян	1961	100	13,9	0,9	390	—	...	ЭА
190	Сирикит	Таиланд	Мае Нан	1972	100	10,5	9,8	250	—	130	ЭИА
191	Собрадинью	Бразилия	Сан-Франсиску	стр.	40	34,2	...	4 200	—	280	СЭВ
192	Стоктон-Уош	США	Стоктон-Уош	1964	12	8,3	...	...	—	...	А
193	Суорва	Швеция	Стура-Лулеэльв	1929—1944	60	5,9	2,8	...	...	...	Э
194	Супхунхо	КНДР, Китай	Ялуцзян	1940	90	12,0	7,5	230	—	120	Э
195	Сэм-Рейберн	США	Анджелина	1951	65	5,5	2,0	460	...	60	ЭАВ
196	Тахо	США	Траки	1874	2	0,9	0,9	480	480	35	ТН
197	Тарбела	Индия, Пакистан	Инд	1976	130	13,7	6,0	260	—	80	ЭНИ
198	Таум-Сок	США	Вост. Блэк	1963	25	5,4	...	...	—	...	Э
199	Тексома (Денисон)	США	Ред-Ривер	1943	25	6,8	5,4	576	...	50	ЭНВА
200	Тексаркана	США	Сальфер	1957	25	3,3	3,3	480	—	35	ТНВ
201	Тейлор (соо-руж. 193)	США	Тейлор-Крик	1972	10	5,1	...	...	—	10	АСВ
202	Токтогуль-ское	СССР	Нарын	1973	180	19,5	14,0	285	—	65	ЭИСА
203	Трес-Мариас	Бразилия	Сан-Франсиску	1960	70	19,2	18,0	1 130	—	150	ЭАС
204	Туин-Кейни	США	Норт-Кейни	1965	20	18,0	...	...	—	...	А
205	Тукуруи	Бразилия	Токантинс	1983	65	43,0	23,0	2 160	—	200	Э
206	Тунгабхадра	Индия	Тунгабхадра	1957	45	4,0	...	380	80	ЭИ	
207	Тюя-Муюнское	СССР	Амударья	1984	13	7,3	5,0	780	—	80	ИЭСР
208	Уиневаго	США	Фок	1848	...	0,7	0,7	810	560	...	ЭВ
209	Уиллер	США	Теннесси	1936	16	1,4	0,4	273	—	120	НВЭА
210	Уиннигошиш	США	Миссисипи	1884	3	0,8	0,7	460	280	45	НВА
211	Укаи	Индия	Тапи	1975	65	8,5	7,1	520	—	110	ИЭРО
212	Усть-Илимское	СССР	Ангара	1974—1977	88	59,4	2,8	1 870	—	300	ЭСЛРВ
213	Утард-4	Канада	Утард	стр.	120	2,43	...	655	...	95	Э

Продолжение

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
214	Флатхед	США	р. и оз. Флатхед	1938	3	1,5	1,5	505	500	50	НИЭА
215	Форт-Пек	США	Миссури	1939	75	23,9	17,1	980	—	305	НИВЭК
216	Форт-Рандолл	США	Миссури	1956	50	7,5	7,5	410	—	180	НИВЭК
217	Фос-ду-Ария	Бразилия	Игуасу	1980	145	7,8	...	195	—	...	Э
218	Франклин Рузвельт (Гранд-Кули)	США	Колумбия	1941	105	11,8	6,4	320	—	245	ИЭ
219	Фурнас	Бразилия	Риу-Гранди	1962—1965	96	20,9	18,0	1 605	—	220	ЭА
220	Футалеуфу	Аргентина	Футалеуфу	стр.	120	6,8	2,2	90	...	...	Э
221	Фынмань	Китай	Сунгари	1937—1955	90	10,8	5,6	550	—	170	ЭИА
222	Фэлкон	США, Мексика	Рио-Гранде	1953	40	5,1	4,0	320	—	100	ЭИНС
223	Хаббания	Ирак	наливное из р. Евфрат	1957	13	3,3	2,7	425	—	30	НИ
224	Хадита	Ирак	Евфрат	стр.	50	6,4	6,2	...	—	...	ЭИ
225	Хантайское	СССР	Хантайка, оз. Хантайское	1970—1975	50	23,5	17,3	1 560	880	160	ЭР
226	Хаобинь	Вьетнам	Да	стр.	120	9,4	...	...	—	200	ЭИ
227	Хендрик-Фервурд	ЮАР	Оранжевая	1971	80	6,0	1,6	370	—	70	ИЭ
228	Хиракуд	Индия	Маханади	1956	60	8,1	5,7	725	—	80	ИЭА
229	Хирфанли	Турция	Кызыл-Ирмак	1958—1959	75	6,0	2,0	320	—	75	ИАЭН
230	Цимлянское	СССР	Дон	1952—1953	26	23,9	11,5	2 700	—	360	СИЭРВО
231	Чардаринское	СССР	Сырдарья	1967—1968	24	5,7	4,7	900	—	70	ИНЭСР
232	Чебоксарское	СССР	Волга	1982—1985	15	13,8	5,7	2 190	—	330	ЭСЛРВО
233	Смолвуд (Черчилл)	Канада	Черчилл	1971	14	32,3	28,0	5 708	2 849	140	Э
234	Шавантес	Бразилия	Паранапанема	1970	90	8,8	...	400	—	60	Э
235	Шаста	США	Сакраменто	1949	145	5,5	5,4	120	—	55	НИЭ
236	Шекснинское (Череповецкое)	СССР	Шексна, оз. Белое	1963—1964	15	6,5	1,8	1 670	1 130	160	СЭЛРО
237	Шрисалам	Индия	Кришна	1973—1974	135	8,7	7,7	755	—	160	ИЭ
238	Эверглейдс (зона I)	США	Эверглейдс	1954	...	0,4	0,4	565	...	...	ВНИ
239	Эль-Кахон	Гондурас	Умуя	стр.	200	5,6	4,2	95	—	...	ЭИН
240	Эль-Чокон	Аргентина	Лимай	1973—1975	65	20,2	2,4	825	—	70	ЭИА
241	Эмбаркакау	Бразилия	Паранаиба	1982	150	17,6	5,0	475	—	...	Э
242	Юта	США	Джордан	1885	3	1,0	1,0	385	360	45	ИА
243	Юшкозерское	СССР	Кемь, оз. Юшкозеро	1980	10	3,8	1,6	695	430	...	ЭЛР
244	Якурета Апипе	Аргентина	Парана	стр.	30	21,0	...	1 420	—	...	ЭСИ

Примечания: [1] По большинству водохранилищ приведены годы начала и конца заполнения, а по ряду недавно введенных в строй гидроузлов — начала заполнения водохранилища. [2] Данные в ряде случаев приблизительные. [3] Дан для отметки нормального подпорного уровня; по озерам-водохранилищам он в отдельных случаях принимается равным полезному, поскольку естественный объем озер не включается нами в полный объем водохранилищ. [4] Полезный объем по ряду зарубежных водохранилищ не учитывает противопаводкового объема. [5] Взята по возможности в естественных условиях — до подпора уровня озера. [6] Буквы обозначают: А — аккумулирование (консервацию) запаса воды в разных целях; В — водоснабжение коммунально-бытовое и промышленное, включая для целей охлаждения; И — ирригация; Л — лесосплав; Н — борьба с наводнениями; О — рекреация; Р — рыбное хозяйство; С — судоходство; Э — гидроэнергетика.

ПРИЛОЖЕНИЕ № 2

Показатели самых больших водохранилищ стран, не отраженных в приложении № 1

Страна, город	*Наименование водохранилища (плотины)*	*Река, озеро*	*Год заполнения водохранилища*	*Подпор уровня воды у плотины, м*	*Объем, млн. куб. м*		*Площадь водного зеркала, кв. км*	*Виды использования водохранилища*
					полный	*полезный*		
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*
ЕВРОПА								
Австрия	Заммернбоден	Мальта	1978	175	206	155	3	Э
	Дабакламм	Дорфербах	стр.	200	235	200	. . .	Э
Албания	Фиерзе	Дрин	1978	40	2 620	. . .	150	Э
Бельгия	Плат-Тейле	Тейле	1978	35	66	49	. . .	Э
Болгария	Искыр	Искыр	1956	60	680	580	30	ИЭВН
Великобритания	Лох-Куох	Диар-Гарри	1956	35	383	. . .	. . .	НВЭ
Венгрия	Кишкёре	Тиса	1975	9	600	400	127	ИЭВН
ГДР	Блейлох	Заале	1932	59	215	170	9	ЭН
Греция	Кремаста	Ахелоос	1966	45	4 750	3 300	80	ЭИ
Дания	Вастнид	Фоссё	1952	15	4	. . .	. . .	Э
Ирландия	Лох-Дэрг	Шаннон	1930	10	465	. . .	. . .	Э
Исландия	Тоурнсватн	Кальдаквисль	1972	30	1 000	. . .	. . .	Э
Испания	Алькантара	Тахо	1969	110	3 137	2 155	105	ЭИ
Италия	Омодео	Тирсо	1924	60	403	. . .	15	ИЭВ
	Монте-Котунио	Синни	стр.	60	553	450	20	ИЭВ
Люксембург	Д'Эне	Сюр	1958	43	58	50	. . .	Э
Норвегия	Туке (Винье)	Туке	1962	. . .	1 660	260	. . .	Э
Польша	Солина	Сола	1968	65	502	380	22	ЭВ
Румыния	Изворул-Мунтелуй (Биказ)	Бистрица	1961	96	1 230	930	33	ЭНИ
Португалия	Каштелу-ду-Боди	Зезири	1951	100	1 100	880	30	ЭН
ФРГ	Швамменауэль	Рур	1959	60	205	150	8	НЭВ
Франция	Сер-Понсон	Дюранс	1960	40	1 270	1 030	28	ЭИ
Чехословакия	Орлик	Влтава	1962	70	704	364	26	ЭВСН
Швейцария	Гранд-Диксанс	Диксанс	1962	227	401	400	4	Э
Югославия	Мируша	Требишница	1967	86	1 280	1 100	40	ЭИВ
АЗИЯ								
Афганистан	Каджакай	Гильменд	1953	80	2 680	. . .	50	ИЭ
Вьетнам	Тхак-ба	Тяй	1963	15	3 550	2 160	35	ИЭН
Сянган (Гонконг)	Гаодао	наливное	1979	—	272	. . .	. . .	В
Индонезия	Джатилухур	Чатарум	1967	82	3 000	2 120	83	ИЭВ
Иордания	Кхалед-бен Анвалид	Джармук	1970	100	200	. . .	. . .	ИЭ
Иордания	Магарин	Ярмук	стр.	155	486	320	. . .	ИВ
Иран	Диз	Диз	1963	80	3 350	2 500	63	ИЭН
Кампучия	Пректхнот	Пректхнот	1974	25	1 120	. . .	. . .	ИЭВ
КНДР	Нампхо	Тэдонган	стр.	25	3 000	. . .	. . .	И
Южная Корея	Соянганхо	Соянган	1973	. . .	2 900	. . .	. . .	ИЭВ
Ливан	Караун	Литани	1965	65	240	220	13	ИЭ
Непал	Кулекхани	Кулекхани	1976	. . .	70	. . .	. . .	Э
Саудовская Аравия	Вади-Джезан	Вади-Джезан	1975	. . .	71	. . .	. . .	И
Филиппины	Магат	Магат	1982	50	1 100	800	44	Э
Шри-Ланка	Сенанаяке	Гал	1951	40	950	. . .	77	ИЭ
Япония	Окутадами	Тадами	1961	140	600	460	10	Э

Продолжение

1	2	3	4	5	6	7	8	9
АФРИКА								
Алжир	Гаргар	Уэд-Рху	1981	60	600	...	...	ИЭ
Ангола	Гове	Кунене	1973	55	2 570	...	...	ИЭ
Ангола	Капанда	Кванза	стр.	...	3 000	...	...	Э
Гвинея	Баниера	Саму	1970	25	220	...	...	Э
Заир	Нзило	Луалаба	1954	65	1 730	1 680	206	Э
Зимбабве	Киле	Мтиликве	1960	60	1 330	...	81	И
Кения	Киндарума	Тана	1981	35	1 850	...	...	Э
Мадагаскар	Варахина	Юж. Варахин	1956	24	260	...	...	ИЭ
Марокко	Бин-Эль-Видан	Аль-Абид	1953	125	1 500	1 160	34	ИЭ
Марокко	Эль-Массира	Умм-эр-Рбия	1969	60	2 300	...	63	ИЭ
Намибия	Мариенталь	Грейт-Фиш	1963	30	310	...	20	ИЭН
Сенегал	Гоурбасси	Фамме	стр.	31	2 600	2 100	230	Э
Танзания	Ньюмба-я-Мунгу	Пангани	1968	40	1 150	1 080	130	ИЭ
Тунис	Ниббар	Мелег	1955	60	300	...	15	ИЭ
Эфиопия	Кока	Аваш	1968	40	1 900	1 300	...	ИЭ
АВСТРАЛИЯ И ОКЕАНИЯ								
Новая Зеландия	Бенмор	Уаитаки	1966	100	2 480	2 000	78	Э
Новая Каледония	Яте	Яте	1959	...	300	...	...	Э
Папуа-Новая Гвинея	Сирануму	Лалоки	1962	28	330	160	...	Э
Фиджи	Мона-Саву	Нанаупа	1982	75	100	...	5	Э
СРЕДНЯЯ И ЮЖНАЯ АМЕРИКА								
Боливия	Корани	...	1967	...	80	...	...	Э
Венесуэла	Гуарико	Гуарико	1957	30	1 840	...	230	ИА
Гаити	Пелигре	Артибонит	1972	160	610	480	...	ЭН
Гватемала	Пуэбло-Вьехо	Чихой	1982	100	460	350	...	Э
Доминиканская Республика	Таверас	Рио Яке	1973	...	170	...	7	Э
Доминиканская Республика	Сабана-Яке	Яке-дель-Сур	стр.	67	680	500	...	Э
Колумбия	Прадо	Прадо	1971	75	1 400	450	39	ИЭ
Колумбия	Бетания	Магдалена	стр.	90	3 000	2 000	...	Э
Коста-Рика	Аренал	Аренал	1978	60	1 800	1 400	...	Э
Куба	Саса	Саса	1972	35	1 020	950	114	И
Никарагуа	Агуа-Зарка	...	1972	75	800	...	...	Э
Парагвай	Игуасу	Игуасу	1974	24	1 400	...	...	Э
Перу	Поэчос	Чира	стр.	45	1 000	830	...	И
Сальвадор	Серрон-Гранде	Лемпа	1977	72	1 430	1 350	135	Э
Чили	Лаго-Лаха	р. и оз. Лаха	1963	9	4 000	4 000	60	ЭИН

ПРИЛОЖЕНИЕ № 3

Средний объем водохранилищ емкостью более 100 млн. куб. м в разные периоды их создания

	Средний полный объем, млн. куб. м, по периодам								
	до 1900	*1900—1910*	*1911—1920*	*1921—1930*	*1931—1940*	*1941—1950*	*1951—1960*	*1961—1970*	*1971—1980*
Европа	370	300	290	1 650	1 570	1 670	1 904	830	820
В том числе									
СССР	500	8	—	3 700	2 420	360	8 246	2 770	300
Зарубежная Европа	100	300	280	1 180	930	490	350	570	350
Азия	340	300	140	360	670	280	2 030	2 980	3 490
В том числе									
СССР	—	—	—	—	600	250	6 260	9 180	9 130
Китай	—	—	—	—	—	200	1 490	1 090	1 650
Индия	340	360	140	350	1 180	200	960	1 200	1 310
Африка	100	—	—	540	1 230	—	20 930	17 470	3 600
Северная Америка	340	810	690	520	1 330	270	1 470	2 820	3 380
В том числе									
США	340	810	460	380	1 480	1 100	1 170	1 580	850
Канада	—	—	1 330	1 110	390	2 200	1 990	12 730	17 010
Средняя и Южная Америка	300	150	2 900	700	270	1 050	1 250	1 660	800
В том числе									
Бразилия	—	150	400	700	170	400	1 710	2 480	2 120
Австралия и Океания	—	—	—	1 520	800	500	900	540	1 530
Итого по миру	340	660	650	710	1 300	1 030	2 400	2 620	3 220
В том числе									
СССР	500	8	—	3 700	2 040	300	5 080	6 700	7 170

ПРИЛОЖЕНИЕ № 4

Суммарные данные по некоторым каскадам водохранилищ (с учетом строящихся ступеней)

Река	Страна	Колич. ступеней	Объем, куб. км		Площадь водного зеркала, тыс. кв. км	Примерная длина каскада, км	Основные виды использования
			полный	полезный			
ЕВРОПА							
Волга	СССР	11	142,8	70,8	20,5	2 900	ЭСИВА
Днепр	СССР	6	43,8	18,4	7,0	960	ЭСИВР
Сулак	СССР	4	3,6	1,7	0,1	60	ЭИ
Арда	Болгария	5	1,6	1,0	0,1	...	ЭИ
Влтава	Чехословакия	7	1,3	0,9	0,1	200	ЭСВ
Тахо	Испания	11	7,6	6,0	0,3	500	ИЭ
Дуэро	Испания	5	2,3	1,1	0,1	300	ЭИ
АЗИЯ							
Ангара	СССР	3	275,3	97,4	40,3[1]	1 500[2]	ЭСЛ
Нарын—Сырдарья	СССР	6	30,1	21,4	1,8	250	ИЭН
Кура	СССР	3	18,8	8,8	0,7	125	ЭИН
Евфрат	Турция, Сирия	3	52,4	29,7	1,7	500	ИЭН
Дамодар	Индия	5	2,5	...	0,3	...	ИЭ
СЕВЕРНАЯ АМЕРИКА							
Ла-Гранд	Канада	5	158,6	68,6	9,6	650	Э
Маникуаган	Канада	5	156,7	...	2,5	400	Э
Колумбия	Канада, США	15	56,3	20,0	1,5	1 500	ЭАС
Миссури	США	9	97,6	83,4	4,9	500	НИЭС
Теннесси	США	15	32,4	16,0	3,5	1 290	НЭСВ
Колорадо	США, Мексика	11	78,2	66,6	1,8	1 400	ИЭН
Парана с Паранаибой	Бразилия	7	95,6	...	4,8	600	Э
Риу-Гранди	Бразилия	11	51,8	...	3,4	...	Э

Примечания: [1] С учетом оз. Байкал. [2] С учетом больших заливов по притокам.

ПРИЛОЖЕНИЕ № 5

Основные показатели по существующим и строящимся водохранилищам СССР (на конец 1985 г.)

Экономические районы и их группы	Показатели по категориям водохранилищ по объему: малые[1] (менее 0,01 куб. км)	небольшие[1] (0,01—0,1 куб. км)	средние (0,1—1,0 куб. км)	крупные (1—10 куб. км)	очень крупные (10—50 куб. км)	крупнейшие (более 50 куб. км)	Всего
1	2	3	4	5	6	7	8
I. КОЛИЧЕСТВО ВОДОХРАНИЛИЩ							
Северный и Северо-Западный	23	32	21	10	5	—	91
Центральный и Центральночерноземный	200	46	16	3	1	—	266
Волго-Вятский	34	10	—	1	1	—	46
Поволжский	334	33	8	2	3	1	381
Северо-Кавказский	57	32	12	3	1	—	105
Уральский	124	61	13	2	1	—	201
Западно-Сибирский	18	8	3	2	1	—	32
Восточно-Сибирский	9	4	2	—	4	3	22
Дальневосточный	9	4	—	1	3	1	18
Прибалтийский и Белорусская ССР	191	48	16	—	—	—	255
Украинская и Молдавская ССР	686	95	13	7	2	—	803
Закавказский	31	27	15	3	1	—	77
Казахстанский	100	45	19	2	2	—	168
Среднеазиатский	17	37	22	8	3	—	87
Всего по СССР	1 833	482	160	44	28	5	2 552
В том числе РСФСР	808	230	75	24	20	5	1 162
II. ПОЛНЫЙ И ПОЛЕЗНЫЙ ОБЪЕМ ВОДОХРАНИЛИЩ (куб. км)							
Северный и Северо-Западный	0,08[2] / 0,04	1,41 / 0,61	7,19 / 2,84	37,93 / 16,94	60,02 / 38,24	— / —	106,63 / 58,67
Центральный и Центральночерноземный	0,47 / 0,38	1,62 / 0,97	4,08 / 3,19	3,47 / 2,55	26,42 / 16,67	— / —	35,06 / 23,76
Волго-Вятский	0,10 / 0,07	0,26 / 0,17	— / —	8,82 / 2,78	13,85 / 5,70	— / —	23,03 / 8,72
Поволжский	0,80 / 0,56	1,16 / 0,85	2,30 / 1,70	4,26 / 3,78	58,32 / 14,36	58,00 / 34,60	124,84 / 55,84
Северо-Кавказский	0,17 / 0,10	1,04 / 0,58	4,40 / 2,26	7,16 / 4,23	23,86 / 11,54	— / —	36,63 / 18,71
Уральский	0,45 / 0,31	1,80 / 1,38	3,58 / 2,66	12,62 / 5,90	12,20 / 9,20	— / —	30,65 / 19,45
Западно-Сибирский	0,05 / 0,04	0,30 / 0,19	1,00 / 0,68	13,05 / 6,76	11,70 / 6,70	— / —	26,11 / 14,37
Восточно-Сибирский	0,04 / 0,03	0,17 / 0,14	0,37 / 0,13	— / —	116,69 / 84,69	280,80 / 80,91	398,06 / 165,89
Дальневосточный	0,04 / 0,03	0,08 / 0,03	— / —	1,01 / —	72,94 / 35,84	68,42 / 32,12	142,49 / 68,02
Прибалтийский и Белорусская ССР	0,54 / 0,24	1,81 / 0,74	3,78 / 1,25	— / —	— / —	— / —	6,13 / 2,23
Украинская и Молдавская ССР	0,93 / 0,66	2,61 / 1,89	4,49 / 2,87	24,39 / 10,52	31,72 / 15,87	— / —	64,14 / 31,81
Закавказский	0,12 / 0,10	0,99 / 0,76	4,40 / 3,51	5,28 / 2,19	16,07 / 7,40	— / —	26,86 / 13,96
Казахстанский	0,28 / 0,24	1,71 / 1,14	6,68 / 5,58	8,16 / 6,16	77,76 / 37,45	— / —	94,59 / 50,57

Продолжение

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Среднеазиатский	0,07	1,53	8,42	26,85	41,85	—		78,72
	0,05	0,91	6,81	19,91	27,10	—		54,78
Всего по СССР	4,14	16,48	50,69	153,00	562,40	407,22		1193,94
	2,85	10,37	33,48	81,72	310,76	147,63		586,81
В том числе РСФСР	2,20	7,84	22,92	88,82	495,00	407,22		923,50
	1,56	4,93	12,96	42,94	222,94	147,63		433,46
III. ПЛОЩАДЬ ВОДНОГО ЗЕРКАЛА (в знаменателе — без учета озер), тыс. кв. км								
Северный и Северо-Западный	0,03[3]	0,46	1,85	7,86	15,64	—		25,84
	0,03	0,44	0,07	2,92	2,72	—		6,17
Центральный и Центральночерноземный	0,18	0,47	0,92	0,68	4,55	—		6,81
	0,18	0,37	0,71	0,68	4,55	—		6,49
Волго-Вятский	0,03	0,12	—	1,59	2,19	—		3,49
	0,03	0,12	—	1,59	2,19	—		3,49
Поволжский	0,30	0,47	0,48	0,20	7,25	5,90		14,60
	0,30	0,47	0,48	0,20	7,25	5,90		14,60
Северо-Кавказский	0,06	0,32	0,95	1,26	2,70	—		5,29
	0,06	0,31	0,79	0,87	2,70	—		4,73
Уральский	0,20	0,49	0,53	1,39	1,91	—		4,52
	0,20	0,47	0,42	1,39	1,91	—		4,39
Западно-Сибирский	0,02	0,12	0,21	1,14	0,67	—		2,16
	0,02	0,06	0,06	1,14	0,67	—		1,95
Восточно-Сибирский	0,01	0,03	0,02	—	36,45	9,80		46,31
	0,01	0,03	0,02	—	4,68	9,80		14,54
Дальневосточный	0,01	0,02	—	0,10	3,41	2,42		5,96
	0,01	0,02	—	0,10	3,41	2,42		5,96
Прибалтийский и Белорусская ССР	0,22	0,67	0,67	—	—	—		1,56
	0,22	0,48	0,49	—	—	—		1,19
Украинская и Молдавская ССР	0,27	0,61	1,08	4,78	4,71	—		11,45
	0,27	0,55	0,45	2,78	4,71	—		8,76
Закавказский	0,02	0,11	0,23	0,15	0,61	—		1,12
	0,02	0,11	0,21	0,15	0,61	—		1,10
Казахстанский	0,12	0,54	0,91	1,15	7,34	—		10,06
	0,12	0,53	0,88	1,15	5,56	—		8,24
Среднеазиатский	0,03	0,30	0,77	3,03	0,54	—		4,67
	0,03	0,30	0,77	2,94	0,54	—		4,58
Всего по СССР	1,51	4,74	8,61	23,33	87,98	18,11		144,28
	1,51	4,25	5,35	15,91	41,50	18,11		86,63
В том числе РСФСР	0,85	2,50	4,94	14,22	74,79	18,12		115,42
	0,85	2,27	2,55	8,89	30,09	18,12		62,77

Примечания: [1] По ряду союзных и автономных республик, областей и краев паспортизация водохранилищ не закончена, поэтому данные по малым водохранилищам занижены; более крупные водохралиница в основном учтены. [2] В числителе — полный объем, в знаменателе — полезные объем. [3] В числителе — площадь зеркала водохранилищ, в знаменателе — то же без учета естественной площади озер.

ЛИТЕРАТУРА

Основные направления экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года. М., 1986.

Решения партии и правительства по хозяйственным вопросам, т. 11. М., 1977; т. 12. М., 1979.

Об охране окружающей среды. М., 1981.

Авакян А. Б. Проблемы создания, комплексного использования и исследования водохранилищ. — Водные ресурсы, 1982, № 6.

Авакян А. Б. Водохранилища и окружающая среда. М., 1982.

Авакян А. Б., Калинин Г. П., Шарапов В. А. и др. Проблемы комплексного использования водных ресурсов бассейна Волги. — Водные ресурсы, 1975, № 4.

Авакян А. Б., Овчинникова С. П. Некоторые данные о водохранилищах мира. — Гидротехн. стр-во, 1971, № 8.

Авакян А. Б., Овчинникова С. П., Шарапов В. А., Яковлева В. Б. Водохранилища земного шара. — В кн.: Проблемы регулирования и использования водных ресурсов. М., 1973.

Авакян А. Б., Овчинникова С. П., Яковлева В. Б. Некоторые особенности создания и комплексного использования водохранилищ в развивающихся странах. — Тр. координац. совещ. по гидротехнике, 1974, вып. 90.

Авакян А. Б., Овчинникова С. П., Яковлева В. Б. Некоторые аспекты создания водохранилищ в развивающихся странах. — В кн.: География и развивающиеся страны. М., 1977.

Авакян А. Б., Салтанкин В. П. Повышение эффективности использования водохранилищ путем их районирования, планировки и обустройства. — Водные ресурсы, 1979, № 5.

Авакян А. Б., Шарапов В. А. Водохранилища гидроэлектростанций СССР. М., 1968.

Авакян А. Б., Шарапов В. А. Водохранилища гидроэлектростанций СССР. М., 1977.

Авакян А. Б., Яковлева В. Б. Проблемы рекреационного использования водохранилищ. — Водные ресурсы, 1973, № 5.

Алекин О. А. Гидрохимия рек. Л., 1949.

Боровкова Т. Н., Никулин П. А., Широков В. М. Куйбышевское водохранилище. Куйбышев, 1962.

Буличек Я. Опыт комплексного использования водных ресурсов в ЧССР. — СЭВ. Бюл. по водн. хоз-ву, 1969, № 4.

Буторин Н. В. Гидрологические процессы и динамика водных масс в водохранилищах Волжского каскада. Л., 1969.

Буторин Н. В., Зиминова Н. А., Кудрин В. П. Донные отложения верхневолжских водохранилищ. Л., 1975.

Важский каскад — Bratislava, Nakladatelstvo «Alfa», 1968.

Ванчура И. Развитие водного хозяйства в ЧССР. — СЭВ. Информ. бюл. по водн. хоз-ву, 1977, № 1(19).

Васильев Ю. С. Влияние плотин и водохранилищ на окружающую среду. М., 1982.

Вендров С. Л. О масштабах преобразования природы крупными водохранилищами. — Изв. Всес. геогр. о-ва, 1959, т. 91, вып. 4.

Вендров С. Л. Преобразования речных систем в СССР. Л., 1979.

Вендров С. Л., Дьяконов К. Н. Водохранилища и окружающая природная среда. М., 1976.

Витвер И. А. Историко-географическое введение в экономическую географию зарубежного мира. М., 1963.

Влтавский каскад. Прага, 1969.

Водное хозяйство Чешской Социалистической Республики. Прага, 1974.

Водохранилища мира. М., 1979. Пермь, 1968.

Волга и ее жизнь. Л., 1978.

Воропаев Г. В., Ниязов Б. С. Ирригация в некоторых странах мира. Алма-Ата, 1970.

Вострякова Н. В. Влияние стока р. Оби на гидрологический режим Новосибирского водохранилища. Иркутск, 1971.

Готлиб Я. Л., Жидких В. М., Сокольников Н. М. Тепловой режим водохранилищ гидроэлектростанций. Л., 1976.

Грин Г. Б. Попуски в нижние бьефы. М., 1971.

Дела Торре И. Р., Касас Л. О., Гарция Й. А. Евтрофирование в искусственных озерах Испании. — Евтрасим-76, т. II. Карл-Маркс-Штадт, 1976.

Денисова А. И. Формирование гидрохимического режима водохранилищ Днепра и методы его прогнозирования. Киев, 1979.

Дмитревский Ю. Д. Внутренние воды Африки и их использование. Л., 1969.

Дмитревский Ю. Д., Олейников И. Н. Озера Африки. Л., 1979.

Дьяконов К. Н. Влияние крупных долинных водохранилищ на леса прибрежной зоны. Л., 1975.

Естифеев А. М. Гидроэнергетика Финляндии. М.-Л., 1962.

Жадин В. И., Герд С. В. Реки, озера и водохранилища СССР, их фауна и флора. М., 1961.

Ивлева Т. Н. Мексика. Водное хозяйство и экономическое развитие. М., 1973.

Инженерно-географические проблемы проектирования и эксплуатации крупных равнинных водохранилищ. М., 1972.

Иоргулеску Ф. Перспективная национальная программа использования и охраны водных ресурсов Социалистической Республики Румынии. — СЭВ. Информ. бюл. по водн. хоз-ву, 1977, № 1(19).

Кинауи И. З., Шенуда У. К. Экологические и социально-экономические последствия строительства Асуанской плотины на р. Нил. — Тр. IX Междунар. конгр. по ирригации и дренажу. М. 1975.

Корелякова И. Л. Растительность Кременчугского водохранилища. Киев, 1977.

Лифанов И. А. Организация чаши водохранилища (затопления и подтопления в гидротехническом строительстве). М., 1946.

Львович М. И. Мировые водные ресурсы и их будущее. М., 1974.

Макаров А. И. Красноярское море. Красноярск, 1969.

Макаров А. И., Воробьев Б. В. Экономическая оценка отчуждений при строительстве. Л., 1976.

Мартонн Э. Центральная Европа. М., 1938.

Матарзин Ю. М., Богословский Б. Б., Мацкевич И. К. Специфика водохранилищ и их формирование. Пермь. 1977.

Матарзин Ю. М., Богословский Б. Б., Мацкевич И. К. Формирование водохранилищ и их влияние на окружающую среду. Пермь, 1981.

Мировой водный баланс и водные ресурсы Земли. Л., 1974.

Мусатов А. П. Особенности формирования биологической продукции водохранилищ Африки. — Водные ресурсы, № 3, 1974.

Оуэн О. С. Охрана природных ресурсов. М., 1977.

Печеркин И. А. Геодинамика побережий камских водохранилищ. Пермь, ч. I, 1966; ч. II, 1969.

Россинский К. И. Термический режим водохранилищ. М., 1975.

Россолимо Л. Л. Изменение лимнических экосистем под воздействием антропогенного фактора. М., 1977.

Сиренко Л. А., Гавриленко М. Я. «Цветение» воды и евтрофирование (методы его ограничения и использования сестона). Киев, 1978.

Физико-географический атлас мира. М., ГУГК, 1964.

Фам Куанг Хань. Географические закономерности формирования водного баланса СРВ. — Изв. АН СССР, сер. геогр., 1983, № 5.

Фортунатов М. А. Типизация и группировка водохранилищ различного хозяйственного назначения. — В кн.: Материалы межвуз. науч. конф. по вопросам изуч. влияния водохранилищ на природу и хозяйство окружающих территорий. Калинин, 1970.

Хатчинсон Д. Э. Лимнология. Географические, физические и химические характеристики озер. М., 1969.

Хасира О. Международное научное сотрудничество при сооружении системы гидроузлов Габчиково—Надьмарош. — Мир науки, 1979, 23, № 2, 12—15.

Черногаева Г. М. Водный баланс Европы. М., 1971.

Шапиро Л. Н. Изменение хозяйственных условий в нижних бьефах гидроузлов. — Водные ресурсы, 1974, № 6.

Шарапов В. А. Инженерная защита при создании водохранилищ в зарубежной Европе. — Тр. коорд. совещаний по гидротехнике. Л., 1974, вып. 96.

Шарапов В. А. Вопросы охраны окружающей среды при крупном гидротехническом строительстве в развивающихся странах. — В кн.: География и развивающиеся страны. Тез. докл. М., 1977.

Шарапов В. А. Водохранилища зарубежной Европы и некоторые вопросы их создания и комплексного использования. — Водные ресурсы, 1973, № 3.

Шарапов В. А. Охрана окружающей среды при создании и эксплуатации водохранилищ. — В сб.: Вопросы охраны окружающей среды в практике гидротехнического проектирования. М., 1979.

Шарапов В. А. Влияние регулирования стока рек водохранилищами на природу и хозяйство районов в нижних бьефах. — Вопросы географии, 1968, сб. 73.

Широков В. М. Формирование берегов и ложа крупных водохранилищ Сибири. Новосибирск, 1974.

Широков В. М., Пеньковская А. М., Плужников В. Н. Водохозяйственный баланс бассейна Днепра. Минск, 1980.

Широков В. М. Водохранилища Белоруссии и мероприятия по их охране. — В кн.: Водные ресурсы Белоруссии и их охрана. Минск, 1982.

Широков В. М. Формирование берегов и ложа крупных водохранилищ Сибири. Новосибирск, 1974.

Широков В. М. Конструктивная география рек: основы преобразования и природопользования. Минск, 1985.

Эльпинер Л. И., Васильев В. С. Проблемы питьевого водоснабжения в США. М., 1983.

Эрлихман Б. Л. Использование гидроэнергетических ресурсов за рубежом. — Гидротехническое строительство, 1983, № 7.

Achurch M. The Ord River scheme 1976 and the future? —Georg. Teacher, 1977, v. 17, N 1.

Ander E. Gewährleistung der Functionssicherheit der Talsperren und wasserwirtschaftlichen Speicher als eine Voraussetzung zu weiteren Erhöhung der Verfügbarkeit das Wasserdargebot. — Wasserwirtsch. — Wassertechn., 1982, N 3.

Bader. Die ökologischen kulturlich-sozialen Auswirkungen der Talsperrenbaues. — Wasserwirtschaft, 1978, Bd 68, N 7-8.

Babinski Z., Grzes M. Zbiorniki zaporowe. — Geogr. szk, 1974, v. 27, N 4.

Ballif J. L. Revisions des reperecussions du Reservoir Marne. — Travaux, 1970, v. 9.

Balon E. K. Kariba: the dubions benefits of large dams. — AMBIO, 1978, V-VII, N 2.

Beaumont P. Water resources management in the USA: a case study of large dams. — Applied Geography, 1983, v. 3.

Becker G. Die Biggetalsperre im Südauerland. Eine neue Talsperre im Dienste der Ruhrwasserwirtschaft. — Z. Wirtschaftsgeographie, 1966, Bd 10, N 1.

Bengelsdorf J. S. Staudämme lösen Erdbeben aus Schadensfälle mehrem sich genauers geologische Voruntersuchanger erforderlich. — VDJ — Nachr., 1972, Bd 26, N 3.

Berand D., Gabriel N. L'irrigation en Espagne. — Genie rural, 1971, v. 64.

Biswas A. K. Impacts of hydroelectric development of the environment. — Energy policy, 1982, v. 10, N 4.

Black R. H. Human ecological factors of significance. — Man-Made Lakes and Human Health. London, 1975.

Briones R. Las presas en España. — Aqua, 1971, N 69.

Bourgey A. Le barrage de Tabqa et l'aménagement du bassin de' Euphrate en Syrie. — Rev. géogr. Lyon, 1974, v. 49, N 4.

Cheret J. ICOLD XI International Congress on Large Dams. Madrid, 1973, v. 5, Q40.

Chmeliček T. K výstabě přehrad v ČSSR. — Dejopis ă zemipis 1966, v. 8, N 9.

Coutinho A., Espanol J. Water resource protection in the Parana river basin. — Water Quality Bull., 1979, v. 4, N 3.

Dabeau S. Bases geograficas do problema da barragem de Alqueva. — Finisterra, 1977, v. 12, N 24.

Dams in Africa. Ed. N. Rubin, N. M. Warren, London, Frank Cass., 1968.

Darrel J. T. Dams and ecology. — Civ. Eng. ASCE, 1971, September.

Das Pumpapeicherwerk Vianden. — Energiewirtschaftlichen Tagesfragen, 1960, Bd 10, N 85-89 (III-XIV).

Deom J. The role of the World Health Organization. — Man-Made lakes and Human Health. London, 1975.

Dhonau W. Die Regelung der Aar. — Wasser und Boden, 1971, Bd 23, N 3.

Djordjevič V., Puric V. Djerdap Kraftwerke und Schiffahrtsanlage. — Wasserwirtschaft, 1970, Bd 60, N 8.

Droscha N. Wasserwirtschaftliche Studien und Projekten sowie Wasserbauten im Ausland. — Wasserbauten im Ausland. — Wasserwirtschaft, 1972, Bd 62, N 3.

Duthie H. C., Ostrofsky M. Environmental impact of the Churchill Falls (Labrador) hydroelectric project: a preliminary assessment. — Fish res. Board Can., 1975, v. 32, N 1.

Energie- und Bewasserungsvorhaben in der Türkei. — Nachr. Aussenhand, 1983, Bd 46, N 134.

Environmental effects of hydraulic engineering works. Ed. E. Ely Driver, Walter O. Wunderlich. Tennessee Valley Authority, Knokville, Tennessee, 1979.

Fels E. Spanische Stauseen. — Boletin Paranaense de Geographia, 1964, N 10—15.

Fels E. Stauanlage und die Geographie. — Geogr. helv, 1965, V. 20, N 4.

Fels E. Das World Register of Dams. — Würdigung, Wunsche, Erganzungen. — Erde, 1967, Bd 98, N 4.

Fenz R. Itaipu — der Weltgrösse Wasserkraftwerkbaustelle — Tiefbau — Ingenieurbau Strassebau, 1980, Bd 22, N 10.

Fernando C. H. Man-made lakes of Ceylon; a biological resource. — In: Man-Made Lakes, 1973.

Garzon Heydt. Impacts ambiental de los embalses. — Rev. obras publ., 1979, v. 126, N 3176.

Gastescu P., Bryer A. Man-made lakes of Romania. — In: Man-Made Lakes: Their Problems and Environmental effects. Washington, 1973.

Gemaehling Cl., Savey P. The multipurpose development of the River Rhône Valley. — Water Power, 1972, V. 24, N 11.

Genossenschafts versammlung von Ruhrtalsperrenverein, 1971 — Österr. Wasserwirtschaft, 1972, Bd 24, N 5/6.

Grandl F. Der Stausee und die Umsiedlungsprobleme am Eisernen Tor. — Wasser- und Energiewirt, 1973, Bd 65, N 3-4.

Grengg H. Die grossen Stauseen der Erde. — Österr. Wasserwirt, 1975, Bd 27, N 5/6.

Gulhati N. D. Data of high dams in India. — Simla, 1950, V. 1—2.

Günther G. Wasserspeicher im Altertum. — Wasserwirtschaft, 1977, Bd 67, N 7/8.

Gupta P. N., Rao P. S. Resettlement problem at Bhakra. — Bhagirath 1964, v. 11, N 2.

Han Q. W., Tong Z. J. The impact of Danjiankou reservoir on the downstream rivers channel and the environment. — XIV Int. Conrg. Large Dams, Rio de Janeiro, Trans, v. 3., Q 54. Paris, 1982.

Harbeck G. E. Reservoirs in the United States. — Washington: Govt. Print. Off., 1948.

Hartung F. Altiranische Grosswasserbauten. — Wasser und Energiewirt, 1973, Bd 64, N 4.

Haugenberger C., Schacht H. Zur landschafts-ecologischen Problematik des Donauausbaues. — Mitt. Österr. Inst. Raumplan, 1975, v. 2.

Herrmann H. E. Die Aare — Lebensader am Juraflüss. — Schweiz. Fisch. Ztg. 1958, Bd 66, N 3.

Hetherington R. Water — a precious natural resource. — The Plant Engineer, 1969, v. 13, N 8.

Hutchinson G., Loffer H. The thermal classification of lakes. Proc. mat. Acad. Sci. Wash., 1956, v. 42.

Hydro builders tame Mountain water. — Eng. News Res., 1982, v. 209, N 3.

Imhoff K. Bewirtschaftung und weitere Ausbau der Ruhrtalsperren. — Wasserwirtschaft, 1977, Bd 67, N 7/8.

Jegs E. Arctic site completes Swedish hydropower chain. — Energy Int., 1974, v. II, N 8.

Jorgulescu F. Komplexe Nutzung und Schutz der Wasserressourcen in der Sozialistischen Republik Rumänien. — Wasserwirtsch. — Wassertechn., 1980, N 9.

Kleeberg H. B. Theorie der Speicherplanung. — Wasserwirtschaft, 1977, Bd 67, N 7/8.

Laurens P. Le barrage de Carapatulu. — Travaux, 1973, N 464.

Leentvaar P. Lake Brokopondo. — In: Man-Made Lakes. Washington, 1973.

Leikowa A. Problem budowy zapor w parkach narodowich reserwatach. — Chronmy przyr. ojcr, 1960, v. 16, N 2.

Link H. Speicherseen der Alpen. — Wasser- und Energiewirtsch., 1970, Bd 62, N 9.

Lives lost in Indian embankment fatlure. — Water Power and dam Constr., 1981, v. 33, N 12.

Maaten S. Report on the water supply of The People's Republic of China — AQUA, 1983, N 5.

Machura L. Wasserkraftwerke als Problem der Landespflege in Österreich. — Österr. Z. für Elektizitätswirtsch., 1973, Bd 25, N 1.

Mandel H. Einfluss der Elektrizitätswirtschaft an die Gewässer. — Binnerschiffahrt und Wasserstr., 1972, Bd 99, N 3.

Man-made lakes. London — New York, 1966.

Man-made lakes: the Accra Symposium/ed. L. Obeng. Accra, 1969.

Man-made lakes as modified ecosystems. — Scop Rept. 2. Paris, 1972.

Man-made lakes: their problems and environmental effects. — Washington, D. C. Amer. Geophys. Union, 1973.

Man-made lakes and human health. London, 1975.

Martin R., Hanson R. Reservoirs in the United States. — Geol. Surv. Washington, 1966.

Martinez L. El media ambiente los embalses de hidroelectrica Espanol en el Tajo. — Rev. obras publ., 1979, v. 126, N 3176.

Mermel T. W. New world register of dams reveals construction trends. — Water Power, 1973, v. 25, N 11.

Mermel T. W. Dam building trends in North America. — Water Power and Dam Constr., 1976, v. 28, N 2.

Mitchell W. R. Dam construction and environmental conservation in Australia. — In: World Dams Today. Tokyo, 1977.

Murakami C. Dai datu. — Large dams, 1979, N 89.

Nan Choan Dam faces oppositions. — Water Power and Dam Constr., 1983, v. 5, N 7.

Natalas N., Nordin C. Water resources of the People's Republic of China. — EOS Trans. Amer. Geophys. Union, 1980, V. 61, N 46.

Nogueira G. L. Aspectos socioeconomicos el de desenvolvimento regional. — Rev. DAE, 1978, v. 38, N 116.

NSHB increases power production. — Water Power, 1971, V. 23, N 8.

Nyvelt F. Wasserkraftausbau und Umweltproblem. — Österr. Z. für Elektriz., 1972, Bd 25, N 9.

Obras realizadas por los confederaciones hidrográficas. — Comite Espanol de riegos drenajes, 1969.

Pantuly V. R. Fishery problems and opportunities in the Mekong. — In: Man-Made Lakes, 1973.

Partl R. Talsperren in der Republik Südafrica. — Österreich. Zeitschr, für Elektrizitätwirtschaft, 1971, Bd 24, N 9.

Partl R. Statistik 1977 der grossen Talsperren und Flüßtauwerke Österreichs — Talsperr. Österr., 1977, Bd 24.

Rao K., Palta B. Great man-made lakes of Bhakra, India. — In: Man-Made Lakes, 1973.

Review of Ausralia's water resources 1975. — Australian Govt. Publ. Service. Canberra, 1976.

Robroeck T. Interbasin water transfers in South Africa. — Civ. Eng. S. Afr., 1979, v. 21, N 2.

Roehle W., Focsa V. Das Donaukraftwerk am Eisemer Tor — Umsiedlung und Entschädigungsproblem sowie deren paritätisch Bevertung. — Österr. Z. Elektrizitätswitt., 1973, Bd 26, N 6.

Sax K. W. Water resources site preservation on federal lands. — Proc. Amer. Soc. Civ. Eng. J. Hydraul. Div., 1966, November.

Sch. Talsperren der DDR. Aufgaben und Bedeutung. — Z. Elektrizitätswirt., 1972, N 4.

Schmidt M. Die Bedeutung und Entwicklung der Wasserwirtschaft im Harz. — Allg. Forstzeitschrift, 1970, Bd 25, N 24.

Schnitter N. Skizze zur Geschichte des Talsperrenbaus. — Schweiz. Bauzeitung, 1965, Bd 83, H. 42, 23 Oktober.

Scudder T. The ecological hazards of making a lake. — Natur. Hist., 1969, v. 78, N 2.

Seen und Talsperren. — Wasser, Energie, Luft, 1983, Bd 75, N 1/2.

Smil V. Exploiting China's hydropotential. — Water Power and Dam Constr., 1976, v. 28, N 3.

Smith N. A history of dams. Publ. by Davis. London, 1970.

Stambach E. Die Juragewässerkorrektion. — Schweiz. techn. Z. 1970, Bd 67, N 24—25.

Stefko E. Die alpine Speicherwasserkraft im Zeitalter der Kernkraftwerks. Das Projekt Rodundwerk II, ein neues Pumpspeicherwerk der Vorarlbergen Illwerke Aktiengesellschaft. — Österr. Wasserwirt., 1970, Bd 22, N 7—8.

Taylor G. E. The Haweswater reservoir. — J. of Institution of Civil Engineers. London, 1975, v. 5, N 4.

The construction of Norway's highest dam. — Water Power and Dam Constr., 1978, v. 30, N 8.

The Volta resettlement experience. London, 1970.

Thomas N. O., Harbeck G. E. Reservoirs in the United States. — Washington Govt. Print. Off., 1956.

Töllner H. Zum Problem Umweltbeeinflüssung durch alpine Wasserspeicher von Kraftwerken. — Österr. Z. Elektrizitätswirt, 1972, Bd 25, N 10.

Töndury A. Talsperrenbau in der Türkei. — Wasser und Energiewirt., 1968, Bd 60, N 11.

Töndury A. Probleme und Bedeutung Wasserkrafftnutzung in Hochgebirge. — Wasserwirtschaft, 1969, Bd 59, N 8.

Townsend G. H. Impact of the Bennett Dam in the Peace-Athabasca Delta. — J. Fisch. Res. Board, Canada, 1975, v. 32, N 1.

Trefethen S. B. Künstliche Seen und Naturschutz in der USA. — Umschau, 1972, Bd 72, N 17.

TVA. Annual report of the Tennessee Valley Authority for the fiscal years 1940, 1948, 1949, 1950, 1956, 1969.

Varshney R. S. Regional sedimentation curves for India. — Indian J. of Power and River Valley Development, 1970, v. XX, N 9.

Venugopalan A. S. India's water wealth, its equitable distribution and utilization for optimum relief from floods and droughts. — J. Inst. Eng. (India) Civ. Eng. Div., 1979, v. 60, N 3.

Vereerstraeten J. L'utilité des barrages — réservoirs en Belgique. — Géographie (Belg.). 1965, v. 17, N 2.

Vischer D. Grundlagen Planung von Oberflachenspeicher. — Wasserwirtschaft, 1978. Bd. 68, N 3.

Walsh J., Cannon R. Time is short and the water rises. — Dutton. New York, 1967.

Water in Britain (a study in applied hydrology and resource geography). — MacMillan Press, Ltd, 1972.

Water from one river system feeds another hydro plan. — Eng. News-Rec, 1965, v. 174, N 2.

Water Power and Dam Construction, 1983, v. 35, N 7.

Whalíon Robert. An Archecological survey of the Keban reservoir area of East-Central Turkey. — Mem. Mus. Anthropol.Univ. Mich., 1979, N 11, in Ann. Arbor.

World dams today. Tokyo, published by Japan Dam Association, Motoki Ono, 1970.

World register of dams. Paris, ICOLD, 1964; 1971; 1973; 1976.

Zaruba Q. Talsperrenbau und Naturschutz. — Arch. Naturschutz und Landschaftsforsch., 1968, N 2, Bd 8.

Zbinden H. Die Verständigungslösung im Nationalpark. — Wasser- und Energiewirtsch., 1958, Bd 50, N 11.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Авторы фотографий:

А. Б. Авакян,
В. С. Гаспарянц,
А. Я. Горячев,
В. Б. Дорожинский,
А. Л. Топуз

Часть снимков из иностранных изданий

На переплете помещены фото:
На 1-й стороне
Верхняя часть Куйбышевского водохранилища на Волге с живописными островами, проливами и бухтами
На 4-й стороне
Горное озеро-водохранилище Зуферс на р. Задний Рейн в Швейцарии в обрамлении горно-ледникового ландшафта.
Типичное японское водохранилище — Кусаки — в горно-лесистой местности, образованное высокой плотиной гидроэлектростанции

На фронтисписе помещено фото:
Глубоководное Чарвакское водохранилище комплексного назначения на р. Чирчик в Узбекистане

Авакян А. Б. и др.

А18 Водохранилища / А. Б. Авакян, В. П. Салтанкин, В. А. Шарапов. — М.: Мысль, 1987. — 325 с., ил. — (Природа мира).

В пер.: 2 р. 80 к.

Хотя первые водохранилища на Земле появились 5 тыс. лет назад, их создание приобрело планетарный характер лишь во второй половине нашего века. Более 30 тыс. водохранилищ, созданных на планете за последние 40 лет, превышают по площади 10 таких морей, как Азовское. Эти водоемы изменили природные и хозяйственные условия на территории в 1,5 млн. кв. км. На их берегах только в СССР проживает 80 млн. человек. В популярном иллюстрированном справочном издании читатель найдет ответы на вопросы о том, для чего создаются водохранилища, как ими управляют, как в них развивается жизнь, а также узнает много других интересных сведений о водохранилищах и перспективах их создания на разных материках и в разных странах.

А $\frac{1903030200}{004(01)-87}$ 168-87 **ББК 26.222.6**

А. Б. Авакян,
В. П. Салтанкин,
В. А. Шарапов

ВОДОХРАНИЛИЩА

Заведующий редакцией
Ю. О. Гнатовский

Редактор
Г. Е. Матвеева

Младший редактор
Т. Н. Филатова

Редакторы карт
В. И. Ильина,
Л. Я. Строкина

Художественный редактор
А. И. Ольденбургер

Технический редактор
Н. Ф. Федорова

Корректор
И. В. Шаховцева

ИБ № 2230

Сдано в набор 20.01.86. Подписано в печать 06.02.87. А09021. Формат $70 \times 108^{1}/_{16}$. Бумага офсетная № 1. Гарнитура типа Таймс. Офсетная печать. Условно-печатных листов 28,7. Усл. кр.-отт. 113,75. Учетно-издательских листов 34,20. Тираж 50 000 экз. Заказ № 2866. Цена 2 р. 80 к.

Издательство «Мысль». 117071, Москва В-71, Ленинский проспект, 15

Ордена Трудового Красного Знамени Калининский полиграфический комбинат Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 170024, г. Калинин, пр. Ленина, 5.

Уважаемые читатели!

Наиболее полную информацию
о готовящихся к выпуску книгах
издательства «Мысль» по экономике,
философии, истории, демографии, географии
можно получить из ежегодных
аннотированных тематических планов
выпуска литературы, имеющихся во всех
магазинах страны.
Сведения о выходящих в свет изданиях
регулярно публикуются в газете
«Книжное обозрение».
По вопросам книгораспространения
рекомендуем обращаться в местные
книготорги, а также во Всесоюзное
государственное объединение книжной
торговли «Союзкнига».



ПРИРОДА МИРА

ВОДО-ХРАНИЛИЩА

А.Б. Авакян
В.П. Салтанкин
В.А. Шарапов

ВОДОХРАНИЛИЩА

А.Б. Авакян
В.П. Салтанкин
В.А. Шарапов



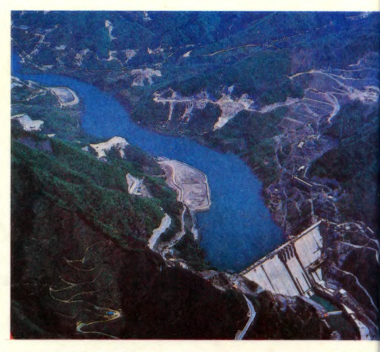
2 р. 80 к.

СПРАВОЧНЫМ ИЗДАНИЕМ «ВОДОХРАНИЛИЩА» ИЗДАТЕЛЬСТВО «МЫСЛЬ» ПРОДОЛЖАЕТ ВЫПУСК КНИГ ПОД РУБРИКОЙ «ПРИРОДА МИРА».

ВОДОХРАНИЛИЩА — ЭТО ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ, СТАВШИЕ НЕОТЪЕМЛЕМОЙ ЧЕРТОЙ ЛАНДШАФТА СТРАН, ВАЖНЫМ ЭЛЕМЕНТОМ ИХ НАЦИОНАЛЬНОГО БОГАТСТВА. ЭТИ ВОДОЕМЫ ХОТЯ И СОЗДАНЫ ЧЕЛОВЕКОМ, НО РАЗВИВАЮТСЯ ПО ЗАКОНАМ ПРИРОДЫ, ВОЗДЕЙСТВУЮТ НА НЕЕ, НЕРАЗРЫВНО С НЕЮ СВЯЗАНЫ И ЯВЛЯЮТСЯ НЫНЕ ЕЕ СОСТАВНОЙ ЧАСТЬЮ.

ЕЖЕГОДНО В МИРЕ ВСТУПАЮТ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ НЕСКОЛЬКО СОТ НОВЫХ ВОДОЕМОВ — ВОДОХРАНИЛИЩ. ОСОБЕННО ВЫСОКИМИ ТЕМПАМИ ШЛО ИХ СОЗДАНИЕ В ПОСЛЕДНИЕ 40 ЛЕТ. ЗА ЭТОТ ПЕРИОД ИХ ОБЪЕМ УВЕЛИЧИЛСЯ В СРЕДНЕМ В 10 РАЗ, А В ОТДЕЛЬНЫХ СТРАНАХ — ВО МНОГИЕ ДЕСЯТКИ РАЗ.

В КНИГЕ РАССКАЗЫВАЕТСЯ О ВОДОХРАНИЛИЩАХ ЗЕМНОГО ШАРА: ИХ ВОЗДЕЙСТВИИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ, ФОРМИРОВАНИИ БИОПРОДУКЦИИ, РАССМАТРИВАЮТСЯ ПРОБЛЕМЫ ИХ СОЗДАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В РАЗЛИЧНЫХ ХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЦЕЛЯХ.





ИЗДАТЕЛЬСТВО «МЫСЛЬ»